

РЕФЕРАТ

Дипломный проект содержит 84 листа машинописного текста, 3 рисунка, 28 таблиц, 18 источников литературы, 1 приложение и графическую часть на 4 листах формата А1

В соответствии с годовой программой цеха и требованиями на изготавливаемые отливки выбрано и рассчитано количество машин, установок и материалы для всех производственных операций.

В дипломном проекте разработан технологический процесс изготовления отливки «Колесо рабочее» из стали 25Л ГОСТ 977-88 в соответствии с техническими требованиями на литую деталь.

После анализа технологичности отливки предложено изготовление отливки «Колесо рабочее» в разовую песчаную форму. Формы изготавливают по технологии безопасной формовки из холоднотвердеющих смесей.

Для изготовления стержней используется β -SET процесс. Процесс основан на использовании в качестве связующих материалов синтетических смол, способных отверждаться при комнатной температуре за счет продувки метилформиатом.

Разработаны и рассчитаны элементы литейной формы, выбран состав формовочных и стержневых смесей, определен состав шихты и технология плавки стали. Особое внимание уделено расчету литниково–питающей системы.

Эффективность и целесообразность разработок, выполненной в проекте, обоснована экономическими расчетами, таких как фондоотдача, срок окупаемости капитальных вложений.

В проекте также рассмотрены вопросы обеспечения безопасности жизнедеятельности и охраны окружающей среды.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.		Назмиев			Литейный цех по изготовлению отливок из стали производительностью 30000 тонн в год	Лит.	Листов	Лист
Провер.		Бекетова				Д		2
Т.конт						ФГАОУ ВО РГППУ ИИПО Кафедра МСП Группа НТ-411сЛП		
Н.конт.		Категорен ко						
Утв.		Гузанов						

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	6
1.1 Проектно-технологические решения.....	6
1.1.1 Производственная программа.....	6
1.1.2 Структура литейного цеха	7
1.1.3 Режим работы и фонды времени	8
1.2 Плавильное отделение.....	10
1.2.1 Выбор оборудования плавильного отделения.....	10
1.2.2 Составление баланса металла.....	15
1.2.3 Ведомость расхода шихтовых материалов.....	16
1.2.4 Расчет оборудования плавильного отделения.....	17
1.2.5 Расчет потребности ковшей.....	18
1.3 Формовочно-заливочно-выбиное отделение.....	20
1.3.1 Технология изготовления форм.....	20
1.3.2 Выбор оборудования для участка формовки.....	22
1.3.3 Определение числа автоматических линий.....	23
1.4 Стержневое отделение.....	26
1.5 Смесеприготовительное отделение.....	30
1.6 Отделение регенерации смеси.....	31
1.7 Термообрубное отделение.....	32
2 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ.....	36
2.1 Анализ технологичности изготовления детали.....	36
2.2 Выбор положения отливки в форме.....	36
2.3 Определение поверхности разъема формы.....	36
2.4 Определение припусков на механическую обработку и формовочных уклонов.....	37
2.5 Разработка конструкции и расчет литниково-питающей системы.....	38
2.6 Выбор состава формовочных, стержневых смесей и противопригарных красок.....	42
2.7 Выбор модельного комплекта.....	44
2.8 Разработка технологии сборки и заливки форм.....	45
2.9 Разработка технологии обрубки, очистки и окраски отливок.....	47
3 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА.....	49
3.1 Изменение состава и стоимости машин и оборудования.....	49
3.2 Изменение состава основных фондов и амортизационных отчислений.....	50

						лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		3

ВВЕДЕНИЕ

Литейное производство остается основной заготовительной базой машиностроения, несмотря на значительную конкуренцию со стороны сварочного производства и способов обработки металлов давлением (ковки, штамповки) и других заготовительных отраслей.

Выжить и развиваться в конкурентной борьбе литейное производство сможет лишь в том случае, если оно будет постоянно заботиться о повышении производительности труда, снижении трудозатрат и доли ручного труда на всех переделах литейного производства. При этом оно должно стремиться к повышению качества отливок (их геометрической точности, снижению шероховатости поверхности и припусков на механическую обработку, улучшению качества выплавляемых сплавов и повышению их служебных характеристик), снижению металлоемкости заготовки за счет получения тонкостенных отливок и улучшения их товарного вида и др.

Основной способ изготовления отливок – литье в песчаные формы, которым получают около 80 % отливок.

Литейное производство позволяет получить заготовки сложной конфигурации с минимальными припусками на обработку резанием и с хорошими механическими свойствами. Технологический процесс изготовления механизирован и автоматизирован, что снижает стоимость литых заготовок. Достижения современной науки во многих случаях позволяют коренным образом изменить технологический процесс, что, в конечном счете, помогает улучшить качество продукции и повысить эффективность производства.

					лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а	
					5

1 ПРОЕКТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Проектно-технологические решения

1.1.1 Производственная программа

Расчет точной производственной программы (таблица 1) цеха является основой для технологической части проекта. Точная программа предусматривает разработку технологических данных для каждой отливки и применяется при проектировании цехов серийного и массового производства. В проектируемом цехе материалом для отливок служит сталь марки 25Л ГОСТ 977-88.

Таблица 1 – Точная производственная программа

Название отливки	Марка сплава	Масса отливки, кг	Годовой выпуск, шт	Масса отливок на годовую программу, т
1	2	3	4	5
1.Колесо рабочее	Сталь 25Л	6,40	35000	224,00
2.Кольцо	Сталь 25Л	49,00	35000	1715,00
3.Диск	Сталь 25Л	26,00	35000	910,00
4.Подвод	Сталь 25Л	43,00	35000	1505,00
5.Конус	Сталь 25Л	25,00	35000	875,00
6.Патрубок	Сталь 25Л	16,00	35000	560,00
7.Колесо рабочее	Сталь 25Л	46,00	35000	1610,00
8.Подвод	Сталь 25Л	10,80	35000	378,00
9.Патрубок всасывающий	Сталь 25Л	14,40	35000	504,00
10.Патрубок	Сталь 25Л	102,00	35000	3570,00
11.Полумуфта	Сталь 25Л	40,00	35000	1400,00
12.Полумуфта	Сталь 25Л	22,00	35000	770,00
13.Корпус задний	Сталь 25Л	35,00	35000	1225,00
14.Корпус передний	Сталь 25Л	30,20	35000	1057,00
15.Кольцо	Сталь 25Л	5,10	35000	178,50
16.Полумуфта	Сталь 25Л	14,00	35000	490,00
17.Корпус внутренний	Сталь 25Л	40,50	35000	1417,50
18.Конус	Сталь 25Л	13,80	35000	483,00
19.Колесо	Сталь 25Л	7,80	35000	273,00
20.Корпус	Сталь 25Л	105,00	35000	3675,00

						лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		6

Окончание таблицы 1

Название отливки	Марка сплава	Масса отливки, кг	Годовой выпуск, шт	Масса отливок на годовую программу, т
1	2	3	4	5
21.Корпус	Сталь 25Л	28,20	35000	987,00
22.Конус	Сталь 25Л	18,50	35000	647,50
23.Конус	Сталь 25Л	6,50	35000	227,50
24.Крышка	Сталь 25Л	41,80	35000	1463,00
25.Патрубок выпускной	Сталь 25Л	108,00	35695	3855,06
Всего			875695	30000,06

1.1.2 Структура литейного цеха

Состав производственных и вспомогательных участков и оборудования, входящих в комплекс литейного производства, должен обеспечить выполнение всего технологического процесса производства отливок, предусмотренных программой, начиная со складов формовочных и шихтовых материалов и кончая грунтовкой отливок.

Цех стального литья из стали 25Л производительностью 30000 тонн литья в год проектируется с учетом передовых технологий, мощности, номенклатуры, режима работы и типа производства.

Проектируемый литейный цех состоит из производственных и вспомогательных отделений, складских и служебно-бытовых помещений.

К производственным помещениям относятся:

- плавильное отделение;
- участок подготовки шихты;
- стержневое отделение;
- формовочно-заливочно-выбивное отделение;
- обрубное отделение.

К вспомогательным участкам относятся:

										лис
										т
Изм	Лис	№ докум.	Подп.	Дата						7
т	т			а						

- участок ремонта ковшей и печей;
- смесеприготовительное отделение
- участок переработки смеси;
- ремонтно-энергетическое и ремонтно-механическое отделения;
- лаборатории.

Складские помещения включают склады для хранения шихтовых и формовочных материалов, склады модельной и стержневой оснастки, приспособлений и инструментов, огнеупоров, готовой продукции.

К административно-бытовым помещениям относятся конторы цеха, технологическое бюро, службы механика и энергетика, бухгалтерия, отдел труда и зарплаты, производственно-диспетчерская и планово-экономическая службы, отдел технического контроля, гардеробные, душевые, столовые, медпункт, санузлы.

1.1.3 Режим работы и фонды времени

Режим работы литейных цехов определяется организацией производства и количеством рабочего времени трудящихся и оборудования.

Проектируемый цех относится к категории литейных цехов крупносерийного производства, в котором выполнение большинства трудоемких операций механизировано и автоматизировано.

На основании работы передовых литейных цехов применяется наиболее рациональный режим работы цеха – двухсменный параллельный, при пятидневной рабочей неделе и восьмичасовом рабочем дне. При этом режиме работы все основные технологические процессы изготовления отливок производятся в две смены. Третья смена отводится для профилактики и ремонта оборудования.

Различается три основных фонда рабочего времени:

- календарный (Φ_K), учитывающий полное годовое календарное время;
- номинальный (Φ_N), учитывающий полное годовое рабочее время без потерь;
- действительный (Φ_D), учитывающий полное годовое рабочее время с

						лис
						т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		8

неизбежными потерями.

Для определения действительного фонда времени работы оборудования из номинального фонда времени условно исключается время пребывания его в плановых ремонтах, установленное нормами системы планово–предупредительных ремонтов. Календарный фонд времени составляет 8760 часов.

Для определения действительного фонда времени работы рабочих из номинального фонда времени вычитается время пребывания рабочего в отпуске.

В случае пятидневной рабочей недели, восьмичасовой смены номинальный фонд времени составляет для рабочих $\Phi_{н}=2070$ часов и для оборудования $\Phi_{н}=4140$ часов [1]. Для ремонтов, обслуживания оборудования и термической обработки вводится дополнительная смена.

Действительный фонд времени составляет:

$$\Phi_{д} = \frac{\Phi_{н} \cdot (100 - \alpha)}{100}, \quad (1)$$

где α –потери времени, %.

Расчет действительного фонда времени для оборудования представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Действительный годовой фонд времени работы оборудования

Оборудование	Число смен в сутки	Номинальный фонд времени $\Phi_{н}$, ч	Потери времени α , %	Действительный фонд времени $\Phi_{д}$ ч
1	2	3	4	5
Оборудование плавильного отделения	2	4140	4	3974
Оборудование подготовки смеси	2	4140	5	3933
Оборудование формовочного отделения	2	4140	8	3809
Оборудование стержневого отделения	2	4140	5,5	3912
Оборудование термообрубного отделения	2	4140	5	3933
Печи термические	3	6210	3	6024

					лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а	9

1.2 Плавильное отделение

1.2.1 Выбор оборудования плавильного отделения

Выбор плавильного оборудования обуславливается металлургическими возможностями обеспечения заданного качества выплавляемого сплава, наличием необходимых шихтовых материалов и энергетических ресурсов, условиями труда обслуживающего персонала, защиты окружающей среды от газовыделений и отходов плавки, а также эффективностью производства.

Для получения жидкой стали применяется электро-дуговая печь.

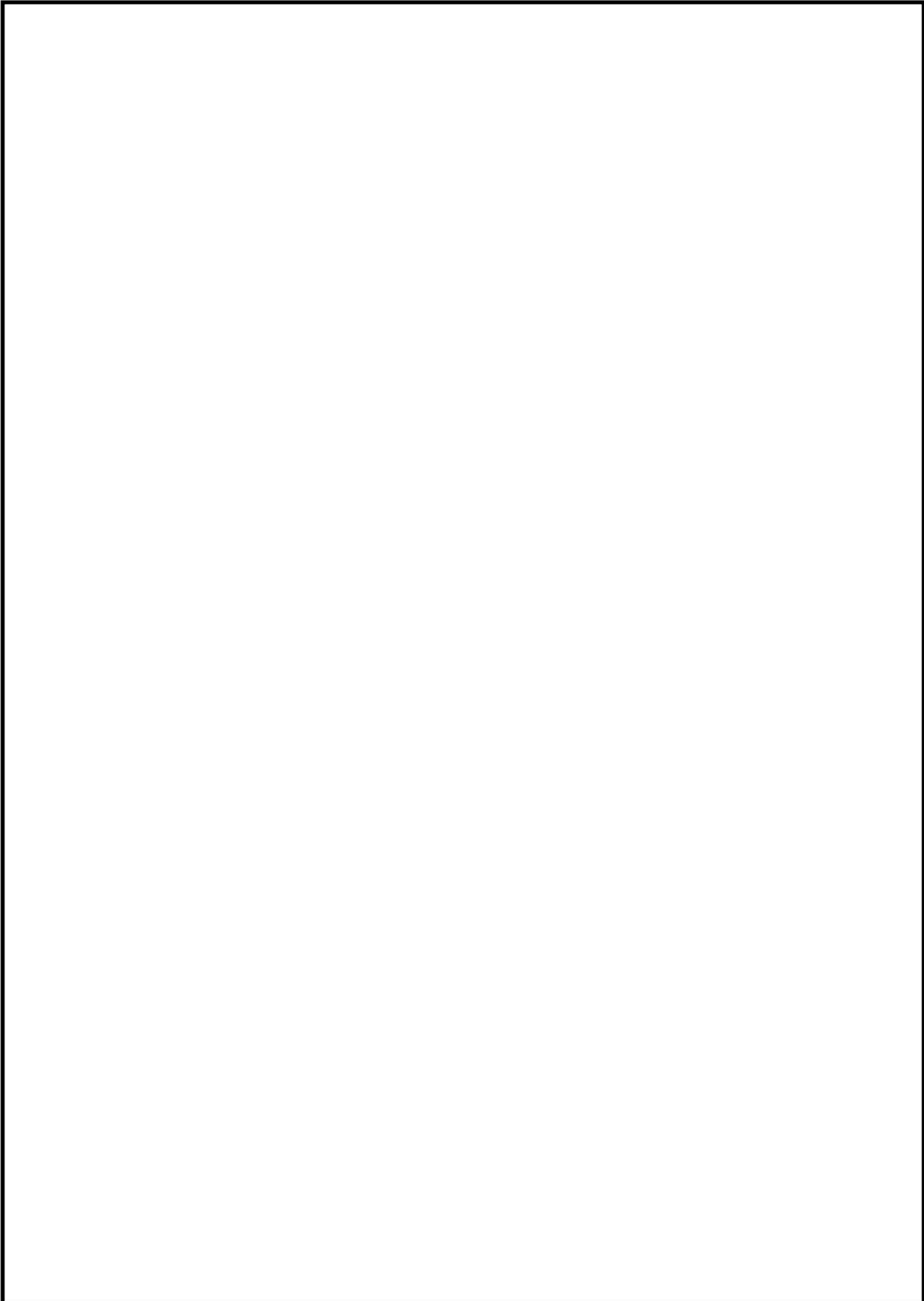
Анализ номенклатуры производимых отливок позволяет установить требования по качеству к выплавляемому сплаву, что определит тип плавильного агрегата для обеспечения металла требуемого качества, который должен быть выбран с учетом экологичности и экономической выгоды.

Основой для расчета плавильного отделения является ведомость расхода металла на залитые формы (таблица 3), которая составляется на основе точной производственной программы цеха, рассчитывается масса выплавляемого металла с учётом массы литников, угара и брака.

Таблица 3 – Ведомость расхода металла на залитые формы

Название отливки	Марка сплава	Масса отливки, кг	Годовой выпуск, шт	Масса отливок на годовую программу, т
1	2	3	4	5
1.Колесо рабочее	Сталь 25Л	6,40	35000	224,00
2.Кольцо	Сталь 25Л	49,00	35000	1715,00
3.Диск	Сталь 25Л	26,00	35000	910,00
4.Подвод	Сталь 25Л	43,00	35000	1505,00
5.Конус	Сталь 25Л	25,00	35000	875,00
6.Патрубок	Сталь 25Л	16,00	35000	560,00
7.Колесо рабочее	Сталь 25Л	46,00	35000	1610,00
8.Подвод	Сталь 25Л	10,80	35000	378,00

						лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		10



						лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		11

Продолжение таблицы 3

Название отливки	Марка сплава	Масса отливки, кг	Годовой выпуск, шт	Масса отливок на годовую программу, т
1	2	3	4	5
9. Патрубок	Сталь 25Л	14,40	35000	504,00
10.Патрубок нагнетательный	Сталь 25Л	102,00	35000	3570,00
11.Полумуфта	Сталь 25Л	40,00	35000	1400,00
12.Полумуфта	Сталь 25Л	22,00	35000	770,00
13.Корпус задний	Сталь 25Л	35,00	35000	1225,00
14.Корпус передний	Сталь 25Л	30,20	35000	1057,00
15.Кольцо	Сталь 25Л	5,10	35000	178,50
16.Полумуфта	Сталь 25Л	14,00	35000	490,00
17.Корпус внутренний	Сталь 25Л	40,50	35000	1417,50
18.Конус	Сталь 25Л	13,80	35000	483,00
19.Колесо	Сталь 25Л	7,80	35000	273,00
20.Корпус	Сталь 25Л	105,00	35000	3675,00
21.Корпус	Сталь 25Л	28,20	35000	987,00
22.Конус	Сталь 25Л	18,50	35000	647,50
23.Конус	Сталь 25Л	6,50	35000	227,50
24.Крышка	Сталь 25Л	41,80	35000	1463,00
25.Патрубок выпускной	Сталь 25Л	108,00	35695	3855,06
Итого			875695	30000,06

					лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дата	
					12

Продолжение таблицы 3

Название отливки	Брак по вине литейного цеха			Отливается в год с учетом брака	
	%	шт	т	шт	т
1	6	7	8	9	10
1.Колесо рабочее	4	1458,33	9,33	36458,33	233,33
2.Кольцо	4	1458,33	71,46	36458,33	1786,46
3.Диск	4	1458,33	37,92	36458,33	947,92
4.Подвод	4	1458,33	62,71	36458,33	1567,71
5.Конус	4	1458,33	36,46	36458,33	911,46
6.Патрубок	4	1458,33	23,33	36458,33	583,33
7.Колесо рабочее	4	1458,33	67,08	36458,33	1677,08
8.Подвод	4	1458,33	15,75	36458,33	393,75
9.Патрубок всасывающий	4	1458,33	21,00	36458,33	525,00
10.Патрубок нагнетательный	4	1458,33	148,75	36458,33	3718,75
11.Полумуфта	4	1458,33	58,33	36458,33	1458,33
12.Полумуфта	4	1458,33	32,08	36458,33	802,08
13.Корпус задний	4	1458,33	51,04	36458,33	1276,04
14.Корпус передний	4	1458,33	44,04	36458,33	1101,04
15.Кольцо	4	1458,33	7,44	36458,33	185,94
16.Полумуфта	4	1458,33	20,42	36458,33	510,42
17.Корпус внутренний	4	1458,33	59,06	36458,33	1476,56
18.Конус	4	1458,33	20,13	36458,33	503,13
19.Колесо	4	1458,33	11,38	36458,33	284,38
20.Корпус	4	1458,33	153,13	36458,33	3828,13
21.Корпус	4	1458,33	41,13	36458,33	1028,13
22.Конус	4	1458,33	26,98	36458,33	674,48
23.Конус	4	1458,33	9,48	36458,33	236,98
24.Крышка	4	1458,33	60,96	36458,33	1523,96
25.Патрубок выпускной	4	1487,29	160,63	37182,29	4015,69
			1250,00		31250,06

						лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		13

Вместимость печи лимитируется временем заливки полученного сплава, определим вместимость печей по формуле [2]:

$$G = \frac{V_{\Gamma} K_{\text{Н}} \tau}{\Phi_{\text{Д}}}, \quad (2)$$

где V_{Γ} - годовое количество потребляемого жидкого металла (с учетом брака);

$K_{\text{Н}}$ - коэффициент неравномерности потребления и производства;

τ – длительность разливки одной плавки, ч

$\Phi_{\text{Д}}$ - годовой действительный фонд времени рассчитываемого оборудования.

$$G = \frac{50886,08 \cdot 1,05 \cdot 0,35}{3974} = 4,7 \text{ т}$$

Из стандартного ряда печей типа ДСП выбираем печь НХ-5 фирмы Asian Industrial Technology [4].

Техническая характеристика НХ-5:

- мощность по трансформатору, кВА; 3150;
- производительность, т/ч; 3;
- номинальная емкость, т; 5;
- температура перегрева металла, °С; 1650;
- внутренний диаметр кожуха печи, мм \emptyset 3220;
- диаметр электрода, мм \emptyset 300;
- вес печи, т 5;
- расход воды, т/ч 32.

К преимуществам этой печи можно отнести простоту ее конструкции, надежность в эксплуатации, быстроту выполнения ремонтных работ, минимальный угар элементов в процессе плавки, обеспечение получения качественного жидкого металла, высоких температур перегрева и высоких механических свойств отливки, возможность использования в шихте стального лома. Газоочистка уменьшит

						лис
						т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		15

загрязнение окружающей среды как тепловыми, так и пылегазовыми выделениями, они имеют достаточно высокий КПД, особенно при перегреве и доводке стали.

Технология выплавки стали в электродуговой печи достаточно проста (кислый процесс), и сводится к:

- анализу шихты в лаборатории;
- дроблению шихты;
- нормированию компонентов шихты;
- загрузке шихты в печь с добавлением плавикового шпата;
- расплавлению шихты;
- доводке расплава;
- термовременной выдержке металла;
- последующего выпуска металла из печи.

Интенсификация плавки стали в электродуговых печах связана с предварительным подогревом металлошихты за счет тепловых потоков, идущих от свода и, следовательно, к сокращению длительности плавки и обезвоживанию шихты.

1.2.2 Составление баланса металла

В проектируемом цехе материалом для отливок служит сталь марки 25Л ГОСТ 977-88. Химический состав стали представлен в таблице 4.

Таблица 4– Химический состав стали 25Л ГОСТ 977-88

Обозначение по ГОСТ 977-88	Массовая доля элементов, %						Примеси не более, %	
	C		Si		Mn		S	P
	min	max	min	max	min	max		
25Л	0,220	0,300	0,200	0,520	0,350	0,900	0,040	0,040

На основании ведомости расхода металла на залитые формы составляем баланс металла (таблица 5).

Металлозавалка рассчитывается по формуле [3]:

									лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а					16

$$M = \frac{\Gamma + Л + Б}{100 - П} \cdot 100, \quad (3)$$

где М – годовая металлозавалка по выплавляемой марке, т.;

Г – масса годных отливок, т.;

Б – масса бракованных и опытных, отливок, технологических проб, т.;

Л – масса литников и прибылей, т.;

П – безвозвратные потери металла, %.

После расчета металлозавалки определяются остальные значения статей.

$$M = \frac{30000 + 1829,09 + 1250,00}{100 - 1 - 2 - 5} \cdot 100 = 53564,29 \text{ т.}$$

Таблица 5 – Баланс металла

Наименование статей	25Л	
	%	т
1. Годные отливки	56,01	30000,06
2. Брак отливок	2,33	1250,00
3. Литники и прибыли	33,66	18029,09
4. Технические пробы	1,00	535,64
5. Сливы и сплески	2,00	1071,29
Итого жидкого металла	95,00	50886,08
6. Угар и безвозвратные потери	5,00	2678,21
Металлозавалка	100,00	53564,29

1.2.3 Ведомость расхода шихтовых материалов

Для расчета шихты используется симплекс-метод оптимизации стоимости шихтовых материалов. Он основан на принципе минимизации стоимости шихтовых материалов, расходуемых на одну тонну жидкого металла. Ведомость расхода шихтовых материалов приведена в таблице 6.

						лис
						т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		17

Таблица 6 – Ведомость расхода шихтовых материалов

Наименование материала	Расход материалов	
	%	т
Возврат	38,99	20886,02
Лом стальной А1 ГОСТ 2787-86	58,04	31089,79
Чугун передельный П1 ГОСТ 805-95	2,60	1390,53
Ферросилиций ФС75 ГОСТ 1415-93	0,06	31,07
Ферромарганец ФМн75 ГОСТ 4755-91	0,31	167,12
Итого	100,00	53564,52
Шлакообразующие	3,00	1606,93
Раскислители	2,50	1339,11
Всего	105,50	56510,56

1.2.4 Расчет оборудования плавильного отделения

Расчетное количество плавильных агрегатов P_1 определяется по формуле [3]:

$$P_1' = \frac{V_{\Gamma} \cdot K_{\text{Н}}}{\Phi_{\text{Д}} \cdot N'_{\text{расч}}}, \quad (4)$$

где V_{Γ} – годовое количество потребляемого жидкого металла (с учетом брака);

$\Phi_{\text{Д}}$ – годовой действительный фонд времени рассчитываемого оборудования;

$N'_{\text{расч}}$ – производительность оборудования (расчетная), принятая исходя из прогрессивного опыта его эксплуатации;

$K_{\text{Н}}$ – коэффициент неравномерности потребления и производства. В условиях массового и крупносерийного производства $K_{\text{Н}} = 1,0-1,3$.

$$P_1' = \frac{50886,08 \cdot 1,1}{3974 \cdot 3} = 4,69.$$

Число единиц оборудования (P_2'), принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле [3]:

$$P_2' = \frac{P_1'}{K_3}, \quad (5)$$

						лис
						т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дата		18

где K_3 – коэффициент загрузки ($K_3=0,7 - 0,95$).

$$P'_2 = \frac{4,69}{0,9} = 5,16.$$

Принимаем $P'_2=6$; Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле [3]:

$$K_{3Ф} = \frac{P'_1}{P'_2}, \quad (6)$$

$$K_{3Ф} = \frac{4,69}{6} = 0,78.$$

Коэффициент загрузки оборудования – оптимальный, значит, принимаем к установке в цехе шесть печей НХ-5 фирмы Asian Industrial Technology.

1.2.5 Расчет потребности ковшей

При расчете количества ковшей учитываются:

- время ожидания ковша у печи, наполнение металлом, продолжительность модифицирования;
- время доставки ковша на участок разливки;
- время раздачи металла из ковша;
- время возврата пустого ковша;
- время выдержки ковша до остывания металла до нужной температуры.

Учитывая емкость печи (5 тонны), условия плавки, среднюю металлоемкость формы (191,18 кг), выбираем разливочный ковш емкостью 1 тонна и раздаточный, емкостью 5 тонны.

В проектируемом цехе ковши подогреваются перед каждой плавкой до температуры 600...700 °С. Ремонт ковшей производится на участке ремонта ковшей после выхода его из строя. Сушка ковшей осуществляется после каждого ремонта перед плавкой на специальном стенде при температуре 800...900 °С.

						лис
						т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		19

Расчет раздаточных ковшей проводится по формуле [3]:

$$n = \frac{B_r \cdot t}{\Phi_d \cdot Q}, \quad (7)$$

где B_r – годовое количество потребляемого жидкого металла, т;

t – средний цикл оборота ковша, ч; $t=0,33$ [5];

Q – емкость ковша, т;

n – количество одновременно работающих ковшей, шт.

$$n = \frac{50886,08 \cdot 0,33}{3974 \cdot 5} = 0,85.$$

Число ковшей, находящихся в ремонте:

$$n_{кр} = \frac{n \cdot \tau_p \cdot n_p \cdot K_H}{\Phi_d}, \quad (8)$$

где $n_{кр}$ – число ковшей находящихся в ремонте, шт;

n – число ковшей находящихся в работе, шт;

τ_p – общая длительность ремонтного цикла, $\tau_p = 16$ ч.

n_p – число ремонтов в год, $n_p = 250$ шт.

$$n_{кр} = \frac{1 \cdot 16 \cdot 250 \cdot 1,1}{3974} = 1,1.$$

Таким образом, количество ковшей, необходимое для обеспечения бесперебойной работы цеха, соответствует 2 штукам.

Учитывая, что минимальное число резервных ковшей соответствует двум штукам, принимаем количество раздаточных ковшей в проектируемом цехе 4 шт.

Расчет разливочных ковшей проводится по формуле (7):

$$n = \frac{50886,08 \cdot 0,15}{3974 \cdot 1} = 1,92.$$

Общее количество ковшей, находящихся в ремонте (8):

$$n_{кр} = \frac{2 \cdot 16 \cdot 250 \cdot 1,1}{3740} = 2,35.$$

Таким образом, количество ковшей, необходимое для обеспечения

						лис
						т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дата		20

бесперебойной работы цеха, соответствует 3 штукам.

Учитывая, что минимальное число резервных ковшей соответствует двум штукам, принимаем количество разливочных ковшей в проектируемом цехе 5 шт.

1.3 Формовочно-заливочно-выбиное отделение

В формовочном отделении выполняются следующие основные технологические операции:

- формовка;
- сборка форм;
- заливка форм;
- охлаждение форм после заливки;
- выбивка отливок из форм.

Операции по изготовлению форм и их выбивка являются наиболее трудоёмкими.

В настоящее время выбор технологии и оборудования для получения форм достаточно широк, однако в массовом производстве единственным, отвечающим современным требованиям производства способом получения мелких и средних отливок, является безопасная формовка, реализованная на формовочном оборудовании фирмы IMF.

Формовочное отделение разбито на участки: формовки, заливки форм, охлаждения форм и выбивки.

1.3.1 Технология изготовления форм

Система – ALPHA-SET - связующая смола холодного отверждения, использующая технологию, разработанную и запатентованную компанией Borden Chemical [6].

В середине 70-х гг. компанией Borden Inc. была начата разработка органической системы связующих, которая позволила:

					лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а	

- улучшить экологическую обстановку литейного цеха (внутреннюю/внешнюю);
- добиться превосходных характеристик литья, как при использовании «силикатных» связующих;
- использовать преимущества существующих «органических» связующих.

Разработанные системы холодного отверждения обеспечивают ряд преимуществ при производстве литейных форм и стержней:

- низкий уровень запаха при изготовлении смеси;
- возможность применения различных видов песка;
- низкий уровень химической токсичности;
- лёгкость извлечения из формы;
- возможность очистки оснастки водой (в неотверждённом состоянии);
- равномерное застывание смеси по всему объёму.

Прочность литейной формы и однородность уплотнения обеспечивают возможность более точной отливки изделий согласно расчётным размерам. Однако эта жёсткость требует, чтобы при изготовлении образцов моделей особо задавались формовочные уклоны, т.к. эти уклоны должны учитывать относительно негибкое состояние формы при протяжке модели. Расталкивание модели не является рациональным, и по этой причине рекомендуется, как можно более широко использовать вибрационные устройства с целью облегчения отделения модели. Разделительные составы играют важную роль в уменьшении формовочных уклонов.

Для стальных отливок при использовании подобных методов формообразования рекомендуют состав формовочной смеси:

- кварцевый песок 2K₂O₂02 ГОСТ 2138-91 5%;
- регенерат 95%;
- фенолформальдегидная смола типа ТРА-4 0,9-1,5% сверх 100%;
- отвердитель ACE (смесь эфиров) 20-25% от смолы.

						лис
						т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дата		22

Свойства смеси представлены ниже:

- прочность при растяжении, МПа 0,4 – 0,5;
- осыпаемость, % <0,13;
- газотворность, см³/г до 14;
- живучесть, мин. 20 – 25;
- минимальное время отверждения в оснастке, мин 20 – 30.

1.3.2 Выбор оборудования для участка формовки

Для определения годового числа форм, а также объема стержней и формовочной смеси на годовую программу составим ведомость изготовления и сборки форм, представленной в таблице 7. Для изготовления форм выбираем автоматическую безопочную формовочную линию Fast-loop фирмы IMF.

Автоматическая линия фирмы IMF имеет следующие характеристики [7]:

- размеры опок в свету – от 500×500×100 до 1600×1200×420мм;
- цикловая производительность – 20 – 30 форм/час;
- количество формовочных автоматов – 2;
- грузоподъемность стола – 6000 кг;
- установленная мощность – 400 кВт;
- габаритные размеры линии – 64,8×17,1 м;
- масса линии – 480 т.

В состав линии входят вибростолы, кантователи, механизмы срезки излишков смеси, манипуляторы для кантовки форм, туннели для сушки форм, поворотно-вытяжные машины, перестановщики опок, выбивные устройства.

Формовочная автоматическая линия Fast-loop фирмы IMF предназначена для изготовления отливок из стали и чугуна в одноразовых формах из холодно твердеющих смесей.

					лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а	
					23

1.3.3 Определение числа автоматических линий

Расчетное количество автоматических линий для формовочно – заливочно – выбивных отделений при поточном производстве P_1 определяется по формуле [3]:

Таблица 7 – Ведомость изготовления и сборки форм

Название отливки	Марка сплава	Масса отливки, кг	Отливка с литниками, кг	Годовой выпуск с учетом брака, шт	Масса отливок на годовую программу, т
1	2	3	4	5	6
1.Колесо рабочее	Сталь 25Л	6,40	9,40	36458,33	224,00
2.Кольцо	Сталь 25Л	49,00	78,40	36458,33	1715,00
3.Диск	Сталь 25Л	26,00	41,60	36458,33	910,00
4.Подвод	Сталь 25Л	43,00	66,65	36458,33	1505,00
5.Конус	Сталь 25Л	25,00	40,00	36458,33	875,00
6.Патрубок	Сталь 25Л	16,00	27,20	36458,33	560,00
7.Колесо рабочее	Сталь 25Л	46,00	73,60	36458,33	1610,00
8.Подвод	Сталь 25Л	10,80	17,28	36458,33	378,00
9.Патрубок всасывающий	Сталь 25Л	14,40	23,04	36458,33	504,00
10.Патрубок нагнетательный	Сталь 25Л	102,00	163,20	36458,33	3570,00
11.Полумуфта	Сталь 25Л	40,00	64,00	36458,33	1400,00
12.Полумуфта	Сталь 25Л	22,00	35,20	36458,33	770,00
13.Корпус задний	Сталь 25Л	35,00	56,00	36458,33	1225,00
14.Корпус	Сталь 25Л	30,20	48,32	36458,33	1057,00
15.Кольцо	Сталь 25Л	5,10	8,16	36458,33	178,50
16.Полумуфта	Сталь 25Л	14,00	22,40	36458,33	490,00
17.Корпус внутренний	Сталь 25Л	40,50	68,85	36458,33	1417,50
18.Конус	Сталь 25Л	13,80	22,08	36458,33	483,00
19.Колесо	Сталь 25Л	7,80	12,09	36458,33	273,00
20.Корпус	Сталь 25Л	105,00	168,00	36458,33	3675,00
21.Корпус	Сталь 25Л	28,20	45,12	36458,33	987,00
22.Конус	Сталь 25Л	18,50	29,60	36458,33	647,50
23.Конус	Сталь 25Л	6,50	11,05	36458,33	227,50
24.Крышка	Сталь 25Л	41,80	64,79	36458,33	1463,00
25.Патрубок	Сталь 25Л	108,00	172,80	37182,29	3855,06
Итого					30000,00

						лис
						т
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		24

Продолжение таблицы 7

Название отливки	Внутренний размер опок, мм			Количество отливок в форме, шт	Изготавлива- ется форм в год, шт
	L	B	H		
1	7	8	9	10	11
1.Колесо рабочее	700	500	200	4	9115
2.Кольцо	1000	800	300	4	9115
3.Диск	700	500	200	4	9115
4.Подвод	1000	8000	300	4	9115
5.Конус	700	500	200	4	9115
6.Патрубок	700	500	200	2	18229
7.Колесо рабочее	1000	800	300	4	9115
8.Подвод	700	500	200	4	9115
9.Патрубок всасывающий	700	500	200	4	9115
10.Патрубок нагнетательный	1000	800	400	2	18229
11.Полумуфта	1000	800	300	4	9115
12.Полумуфта	700	500	200	2	18229
13.Корпус задний	1000	800	300	4	9115
14.Корпус передний	1000	800	300	4	9115
15.Кольцо	700	500	200	8	4557
16.Полумуфта	700	500	200	4	9115
17.Корпус внутренний	1000	800	300	4	9115
18.Конус	700	500	200	4	9115
19.Колесо	700	500	200	4	9115
20.Корпус	1000	800	400	2	18229
21.Корпус	700	500	200	1	36458
22.Конус	1000	800	250	4	9115
23.Конус	700	500	200	6	6076
24.Крышка	1000	800	300	4	9115
25.Патрубок выпускной	1000	800	400	2	18591
					293548

						лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		25

Окончание таблицы 7

Название отливки	Объем смеси для одной формы, м ³				Объем формовочной смеси на годовую программу, м ³
	объем опоки	объем залитого металла	объем стержней	объем уплотненной смеси	
1	12	13	14	15	16
1.Колесо рабочее	0,1400	0,0054	0,0030	0,1316	1199,74
2.Кольцо	0,4800	0,0448	0,0120	0,4232	3857,29
3.Диск	0,1400	0,0238	0,0053	0,1110	1011,52
4.Подвод	4,8000	0,0381	0,0325	4,7294	43106,64
5.Конус	0,1400	0,0229	0,0140	0,1031	940,10
6.Патрубок	0,1400	0,0078	0,0045	0,1277	2328,39
7.Колесо рабочее	0,4800	0,0421	0,0063	0,4317	3934,70
8.Подвод	0,1400	0,0099	0,0120	0,1181	1076,67
9.Патрубок всасывающий	0,1400	0,0132	0,0118	0,1151	1048,95
10.Патрубок нагнетательный	0,6400	0,0466	0,0183	0,5751	10483,98
11.Полумуфта	0,4800	0,0366	0,0198	0,4237	3861,65
12.Полумуфта	0,1400	0,0101	0,0000	0,1299	2368,75
13.Корпус задний	0,4800	0,0320	0,0170	0,4310	3928,39
14.Корпус передний	0,4800	0,0276	0,0055	0,4469	4073,20
15.Кольцо	0,1400	0,0093	0,0095	0,1212	552,23
16.Полумуфта	0,1400	0,0128	0,0040	0,1232	1122,92
17.Корпус внутренний	0,4800	0,0393	0,0123	0,4284	3904,75
18.Конус	0,1400	0,0126	0,0090	0,1184	1079,01
19.Колесо	0,1400	0,0069	0,0320	0,1011	921,41
20.Корпус	0,6400	0,0480	0,0020	0,5900	10755,21
21.Корпус	0,1400	0,0064	0,0093	0,1243	4531,93
22.Конус	0,4000	0,0169	0,0133	0,3698	3370,90
23.Конус	0,1400	0,0095	0,0173	0,1133	688,32
24.Крышка	0,4800	0,0370	0,0030	0,4400	4010,21
25.Патрубок выпускной	0,6400	0,0494	0,0106	0,5800	10782,93
		0,6088			124939,78

						лис т
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		26

$$P_1 = \frac{n}{K_{\sigma} N_{\text{п.расч}} \Phi_{\text{д}}}, \quad (9)$$

где n – годовое число форм, изготавливаемых на линии, шт.;

$K_{\sigma} = 0,94-0,96$ – коэффициент, учитывающий потери из-за брака форм и отливок;

$N_{\text{п.расч}}$ – принятая тактовая (расчетная) производительность автоматического оборудования, шт./ч;

$\Phi_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд времени, ч.

Расчетную производительность определим по формуле (9):

$$P_1 = \frac{293548}{0,95 \times 50 \times 3809} = 1,62.$$

Число единиц оборудования, принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле (2.5):

$$P'_2 = \frac{1,62}{0,8} = 1,94.$$

Принимаем две формовочные линии Fast-loop фирмы IMF. Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле (6):

$$K_{\text{зф}} = \frac{1,48}{2} = 0,74.$$

Коэффициент загрузки оборудования – оптимальный, значит, принимаем к установке в цехе две формовочные линии Fast-loop фирмы IMF.

1.4 Стержневое отделение

В данном цехе стержневое отделение располагается в одном пролете и обеспечивает стержнями две формовочные линии. Основой для расчета стержневого отделения является ведомость изготовления стержней (таблица 8).

Для изготовления стержней используется β -SET процесс. Процесс основан на использовании в качестве связующих материалов синтетических смол, способных

						лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		27

отверждаться при комнатной температуре за счет проудвки метилформиатом.

Таблица 8 – Ведомость изготовления стержней

Название отливки	Годовой выпуск, шт	№ стержня	Количество стержней на 1 отливку, шт	Масса стержня, кг
1	2	4	5	6
1.Колесо рабочее	36458	1	1	1,2
2.Кольцо	36458	1	1	4,8
3.Диск	36458	1	1	1,3
	36458	2	1	0,8
4.Подвод	36458	1	1	13
5.Конус	36458	1	1	2,8
	36458	2	1	1,6
	36458	3	1	1,2
6.Патрубок	36458	1	1	3,6
7.Колесо рабочее	36458	1	1	1,8
	36458	2	1	0,7
8.Подвод	36458	1	2	4,8
9.Патрубок всасывающий	36458	1	1	1,8
	36458	2	1	2,9
10.Патрубок нагнетательный	36458	1	1	14,6
11.Полумуфта	36458	1	1	5,1
	36458	2	1	2,8
12.Полумуфта	36458	1	1	2,7
13.Корпус задний	36458	2	1	2,2
14.Корпус передний	36458	3	1	1,9
15.Кольцо	36458	1	1	1,6
16.Полумуфта	36458	1	1	4,9
17.Корпус внутренний	36458	1	1	3,6
18.Конус	36458	1	1	12,8
19.Колесо	36458	1	4	1,6
20.Корпус	36458	1	1	14,8
21.Корпус	36458	1	1	5,3
22.Конус	36458	1	1	4,6
23.Конус	36458	1	1	1,2
24.Крышка	36458	1	1	8,5
25.Патрубок выпускной	37182	1	1	15,6

						лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		28

Итого	37182			130,5
-------	-------	--	--	-------

Продолжение таблицы 8

Название отливки	Количество стержней в ящике, шт	Съемов в год, шт	Съемов в год с учетом брака 5%, шт	Масса стержневой смеси на годовую программу, т
1	7	8	9	10
1.Колесо рабочее	12	3038,19	3190,10	45,94
2.Кольцо	8	4557,29	4785,16	183,75
3.Диск	12	3038,19	3190,10	49,77
	12	3038,19	3190,10	30,63
4.Подвод	2	18229,17	19140,63	497,66
5.Конус	10	3645,83	3828,13	107,19
	12	3038,19	3190,10	61,25
	12	3038,19	3190,10	45,94
6.Патрубок	8	4557,29	4785,16	137,81
7.Колесо рабочее	10	3645,83	3828,13	68,91
	12	3038,19	3190,10	26,80
8.Подвод	4	18229,17	19140,63	367,50
9.Патрубок всасывающий	10	3645,83	3828,13	68,91
	8	4557,29	4785,16	111,02
10.Патрубок нагнетательный	2	18229,17	19140,63	558,91
11.Полумуфта	4	9114,58	9570,31	195,23
	8	4557,29	4785,16	107,19
12.Полумуфта	8	4557,29	4785,16	103,36
13.Корпус задний	8	4557,29	4785,16	84,22
14.Корпус передний	12	3038,19	3190,10	72,73
15.Кольцо	12	3038,19	3190,10	61,25
16.Полумуфта	6	6076,39	6380,21	187,58
17.Корпус внутренний	8	4557,29	4785,16	137,81
18.Конус	2	18229,17	19140,63	490,00
19.Колесо	12	12152,78	12760,42	245,00
20.Корпус	2	18229,17	19140,63	566,56

						лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		29

21.Корпус	4	9114,58	9570,31	202,89
-----------	---	---------	---------	--------

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	лист
					30

Окончание таблицы 8

Название отливки	Количество стержней в ящике, шт	Съемов в год, шт	Съемов в год с учетом брака 5%, шт	Масса стержневой смеси на годовую программу, т
1	7	8	9	10
22.Конус	4	9114,58	9570,31	176,09
23.Конус	12	3038,19	3190,10	45,94
24.Крышка	2	18229,17	19140,63	325,39
25.Патрубок выпускной	2	18591,15	19520,70	609,05
		225130,21	236386,72	5363,20

Данная смесь обеспечивает хорошее качество литых поверхностей, отсутствие азота и серы в связующем, незначительное расширение смеси, более легкая выбиваемость и возможность достижения экологически благоприятных условий труда.

После уплотнения стержень продувают смесью воздуха с парами жидкого эфира – метилформиата.

Для изготовления стержней предусмотрен отдельный участок, включающий автоматическую стержневую линию DISCO 3300 фирмы IMF.

Технические характеристики линии следующие:

- объем пескострельной головки – 80 л;
- длительность цикла – 35 с;
- размеры стержневого ящика с вертикальным разъемом – 1500×1500 мм;
- размеры стержневого ящика с горизонтальным разъемом – 1500×1500×900 мм;
- производительность – 20 съемов/ч.

Состав и свойства смеси для изготовления стержней следующий [8]:

- песок 2K₂O₂02 ГОСТ 2138-91 – 100%;
- связующее смола ТРА-480 – 1,1...1,6%;
- живучесть – 20...25 мин;
- прочность на растяжение через 2 часа – 1 МПа;
- осыпаемость – <0,13%.

						лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		31

Расчетное количество стержневых линий определяется по формуле (4):

$$P'_1 = \frac{236386,72 \cdot 1,1}{3912 \cdot 40} = 1,66.$$

Число единиц оборудования, принимаемое к установке в цехе, определяется по формуле (5):

$$P'_2 = \frac{1,66}{0,9} = 1,83.$$

Принимаем две стержневые линии DISCO 3300 фирмы IMF. Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле (2.6):

$$K_{зф} = 1,66/2 = 0,834.$$

Коэффициент загрузки оборудования – оптимальный, значит, принимаем к установке в цехе две стержневые линии DISCO 3300 фирмы IMF.

Стержни укладывают на стеллажи и подают на склад стержней, откуда их электрокарами передают на участок формовки.

1.5 Смесеприготовительное отделение

Основой для расчёта смесеприготовительного отделения является ведомость потребности в смесях, представленная в таблице 9.

При определении количества смеси необходимо учесть их потери при транспортировке и формообразовании, равные 10...12%. Ведомость расхода смесей приведена в таблице 2.9

Таблица 9 – Ведомость расхода смесей

Наименование смеси	Потребность			Оборотная смесь	
	по расчету, т/год	на просыпи (5%), т/год	всего	%	т/год
Формовочная смесь	199903,65	9995,18	209898,84	94,00	197304,91
Стержневая смесь	5363,20	268,16	5631,36		

						лис
						т
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		32

Продолжение таблицы 9

Наименование смеси	Обновление					
	песок		ТРА-480		АСЕ-1075	
	%	т/год	%	т/год	%	т/год
Формовочная смесь	5,00	10494,94	1,50	3148,48	0,40	839,60
Стержневая смесь	100,00	5631,36	1,60	90,10		

Для приготовления формовочных смесей применяются скоростные смесители непрерывного действия, снабженные подвижной консолью, модели TS фирмы IMF:

- производительность – 30 – 40 т/час;
- объем однократной загрузки – 3,2 т;
- время смешения – 90 с.

Расчётное количество смесителей модели TS рассчитаем по формуле (4):

$$P_1 = \frac{197304,91 \cdot 1,05}{35 \cdot 3933} = 1,5.$$

Число единиц оборудования, принимаемое к установке в цехе, рассчитывается по формуле (5):

$$P'_2 = 1,5/0,8 = 1,81.$$

Значит, к установке в цехе принимаем два смесителя модели TS. Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле (6):

$$K_{зф} = \frac{1,5}{2} = 0,75.$$

Коэффициент загрузки оборудования – оптимальный, значит, принимаем к установке в цехе два смесителя модели TS.

1.6 Отделение регенерации смеси

После выбивки форм, смесь поступает на участок механической регенерации. Сухая механическая регенерация заключается в перетирании отработанной смеси,

						лис
						т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		34

при котором пленки связующего отделяются от зерен песка и превращаются в пыль, удаляемую из смеси интенсивным отсосом воздуха.

Для регенерации смеси применяется комплекс механической регенерации IMF с производительностью 35 т/ч для ХТС с органическими связующими.

На установке осуществляются операции: очистка зерен песка; удаление пыли; конечное просеивание; охлаждение.

Для расчета установки регенерации берем объем формовочной и стержневой смеси на годовую программу за вычетом 5% (просыпи и безвозвратные потери).

Определяется расчетное количество установок регенерации (4):

$$P'_1 = \frac{197304,91 \cdot 1,2}{3933 \cdot 35} = 1,5.$$

По формуле (5) рассчитывается количество единиц машин, принимаемое к установке в цехе P'_2 :

$$P'_2 = 1,5 / 0,9 = 1,66.$$

Проверяется коэффициент загрузки K_3 :

$$K_{3\Phi} = \frac{1,5}{2} = 0,75..$$

Принимаем две установки механической регенерации фирмы IMF .

1.7 Термообрубное отделение

В термообрубном отделении выполняются следующие операции: очистка отливок от остатков смеси и стержней, отделения литников, термообработка (если предусмотрена технологически процессом), заварка дефектов, зачистка отливок.

Отливки, поступающие из формовочного отделения, попадают в дробеструйную камеру вместе с литниками, затем отливки помещают в термопечь предварительно срезав литники резаками, после термообработки – в очистную дробеструйную камеру.

Дробеструйная камера предназначена для удаления остатков формовочной смеси, ржавчины, изменение внешнего вида поверхности, деталей сложной формы весом от 5 кг до 20000 кг или более, изготавливаемых большими партиями.

						лис
						т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		35

Технические характеристики дробеструйной камеры KDP фирмы GOSTOL TST:

- высота, мм 3000;
- ширина, мм 4000;
- длина, мм 8000;
- производительность, т/ч 5.

Расчетное количество оборудования определим по формуле (4):

$$P'_1 = \frac{31250,06 \cdot 1,1}{3933 \cdot 5} = 1,75.$$

Число единиц оборудования (P'_2), принимаемое в цехе, определяется по формуле (5):

$$P_2 = \frac{1,75}{0,9} = 1,92.$$

Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле (6):

$$K_{зф} = \frac{1,75}{2} = 0,87.$$

Таким образом, принимаем в цехе две дробеструйные камеры модели KDP.

Для термообработки применяются печи электрические камерные с выкатным подом, просты по конструкции, универсальны для различных изделий и технологических процессов, позволяют широко варьировать режимы термообработки.

Режим термической обработки (нормализации) представлен на рисунке 1

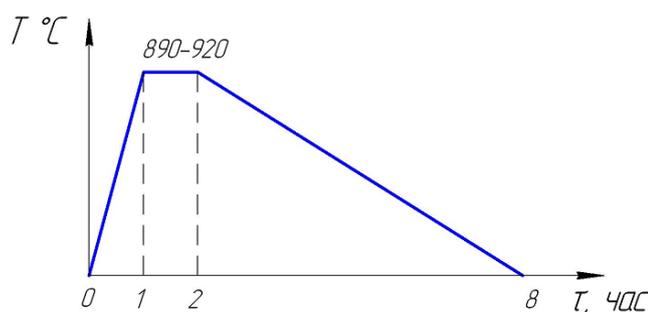


Рисунок 1 – Режим нормализации

Технические характеристики печи ТермоМастер – КЭСмпв-10000 N:

						лис
						т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		36

- размеры рабочей камеры, мм 1800x3700 x1500;
- размеры печи, мм 3800x6800 x2700;
- мощность, кВт 400.

Производительность термической печи находим по формуле [3]:

$$N_{\text{печи}} = (V_{\text{печи}} \cdot \rho_{\text{укл}}) / \tau_{\text{то}}, \quad (10)$$

где $V_{\text{печи}}$ – объем садки печи, м³;

$\tau_{\text{то}}$ - время термической обработки, час;

$\rho_{\text{укл}}$ – плотность укладки отливок в печь, т/м³.

$$N_{\text{печи}} = (10 \cdot 3) / 8 = 3,5 \text{ т/ч},$$

Расчетное количество оборудования определим по формуле (4):

$$P'_1 = \frac{31250,06 \cdot 1,1}{6210 \cdot 3} = 1,63.$$

Число единиц оборудования (P'_2), принимаемое в цехе, определяется по формуле (5):

$$P_2 = \frac{1,63}{0,9} = 1,79.$$

Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле (6):

$$K_{\text{зф}} = \frac{1,63}{2} = 0,82.$$

Принимаем две печи модели КЭСмп-10000 N.

После термообработки отливки вновь очищают в дробеструйной камере модели KDP.

Расчетное количество оборудования определим по формуле (4):

$$P'_1 = \frac{31250,03 \cdot 1,1}{3933 \cdot 5} = 1,75.$$

Число единиц оборудования (P'_2), принимаемое в цехе, определяется по формуле (5):

$$P_2 = \frac{1,75}{0,9} = 1,92.$$

						лис
						т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дата		37

Фактическая величина коэффициента загрузки проверяется по формуле (6):

$$K_{зф} = \frac{1,43}{2} = 0,71.$$

Таким образом, принимаем в цехе еще две дробеструйные камеры модели KDP.

Общее количество дробеструйных камер модели KDP к установке в цехе получилось четыре.

						лис
						т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		38

2 ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ

2.1 Анализ технологичности изготовления детали

Анализируя чертеж детали, можно сделать вывод о технологичности её изготовления литьем в форме с применением ХТС на основе ALPHA-SET закруглений процесса. Радиусы 5 мм, конфигурация внутренних и обрабатываемых поверхностей, а также расположение баз механической обработки удовлетворяют требованиям технологии литейного производства.

2.2 Выбор положения отливки в форме

При выборе положения отливки в форме во время заливки и затвердевания главным фактором должно быть получение плотного металла без усадочных и газовых раковин на поверхности детали, так как от этого зависят эксплуатационные свойства изготавливаемой детали.

Положение отливки в форме при заливке и затвердевании определяет весь технологический процесс. Положение отливки в форме показано на чертеже детали с элементами литейной формы.

2.3 Определение поверхности разъема формы

Разъем формы необходим для извлечения модели, сборки формы и удаления полученных отливок. От выбранного разъема зависит трудоемкость изготовления модельной оснастки и литейной формы, трудоемкость обрубных операций и точность размеров отливки.

При изготовлении данной отливки песчаная форма имеет одну поверхность

					лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а	
					39

разъема. Отливка в данном случае располагается в обеих полуформах.

Выбранный разъем обеспечивает следующие технические решения:

- удобство формовки, выема модели из форм, сборки форм;
- поверхность разъема является плоскостью
- простая конструкция моделей без отъемных частей
- минимальное количество стержней.

Выбранное положение отливки в форме и разъем обеспечивает отвод газов из полости в форме, образующихся при заливке расплавленного металла.

2.4 Определение припусков на механическую обработку и формовочных уклонов

С достижения заданных чертежом размеров и необходимого качества поверхности на обрабатываемых поверхностях назначаются припуски на механическую обработку. Размеры отливки отличаются от размеров детали на величину припусков на механическую обработку. Величина припусков назначается по ГОСТ Р53464-2009 в зависимости от класса точности отливки, степени коробления, её номинальных и габаритных размеров, способа литья и типа сплава.

Основные припуски на механическую обработку назначаются в зависимости от допусков размеров дифференцированно для каждого элемента отливки в соответствии с ГОСТ Р53464-2009. Для назначения основных припусков на механическую обработку используются данные ГОСТ Р53464-2009, в котором величины припусков даны в зависимости от величины допуска размера и номера ряда припуска.

Точность отливки определяется по ГОСТ Р53464-2009 и включает класс размерной точности, класс точности массы и степень точности поверхности, которые назначаются в зависимости от технологического процесса литья, наибольшего габаритного размера отливки и типа сплава; степень коробления,

						лис
						т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		40

зависящая от размеров отливки и типа формы. Точность отливки 11т-9-12-11 ГОСТ Р53464-2009.

Величины припусков приведены на чертеже элементов литейной формы

Для лёгкого извлечения модели из формы, на её рабочей поверхности задаются формовочные уклоны. Величины этих уклонов назначаются по ГОСТ 3212-92. При использовании алюминиевых моделей формовочные уклоны для данной отливки до 30'.

2.5 Разработка конструкции и расчет литниково-питающей системы

Литниковая система состоит из литниковой воронки, стояка, шлакоуловителя и питателей. Расчет будем проводить по методике определения размеров каналов литниковой системы при заливке форм из поворотного ковша.

Прибыль необходима для получения плотного металла без усадочных пороков. Прибыль необходима для компенсации объемной усадки в период затвердевания. Для данной отливки применяются одна закрытая прибыль цилиндрической формы.

Расчет прибылей проводится по методу Пржибыла.

Определяется объем прибыли №1 по формуле [9]:

$$V_{\text{ПР1}} = \frac{\beta \cdot \varepsilon_v}{1 - \beta \cdot \varepsilon_v} \cdot V_{\text{ПУ1}}, \quad (11)$$

где β – отношение объема прибыли к объему усадочной раковины, $\beta=11$;

ε_v – часть объемной усадки сплава, принимающая участие в формировании усадочной раковины, $\varepsilon_v=0,045$;

$V_{\text{ПУ1}}$ – объем питаемого узла, м³.

$$V_{\text{ПУ}} = 0,00041 \text{ м}^3.$$

$$V_{\text{ПР1}} = \frac{11 \cdot 0,045}{1 - 11 \cdot 0,045} \cdot 0,00041 = 0,0004 \text{ м}^3.$$

					лис
					т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дата	41

Исходя из найденного объема прибыли определяем геометрические размеры прибыли.

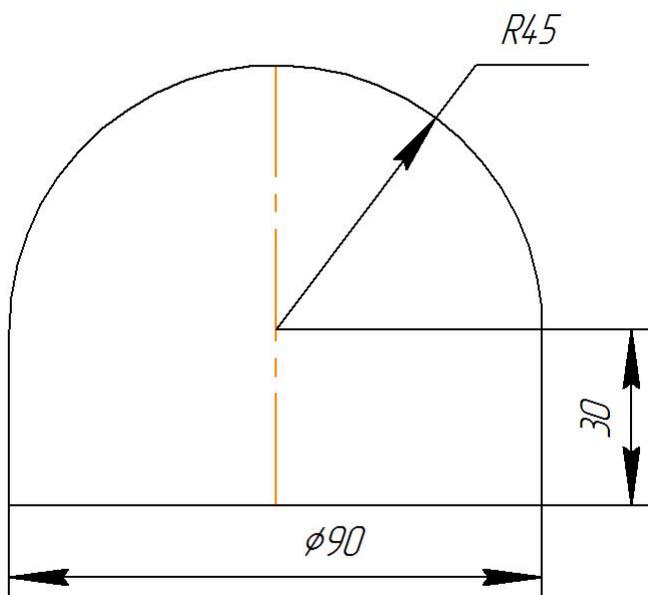


Рисунок 2 – Эскиз прибыли

Оптимальную продолжительность заливки форм определим по формуле [9]:

$$\tau_{\text{ОПТ}} = S \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot m}, \quad (12)$$

где $\tau_{\text{ОПТ}}$ – оптимальная продолжительность заливки, с;

S – коэффициент продолжительности заливки, зависящий от температуры заливки, рода сплава, места подвода, материала формы и ряда других факторов;

δ – преобладающая толщина стенки отливки, мм;

m – масса жидкого металла, приходящегося на одну отливку с литниками и прибылями, кг;

Подставляя в формулу (12) значения коэффициента $S=1,4$ (для отливок из стали), преобладающая толщина стенки отливки $\delta=10$ мм, $m= 10,3$ кг получим:

$$\tau_{\text{ОПТ}} = 1,4 \cdot \sqrt[3]{10 \cdot 10,3} = 6,5 \text{ с.}$$

Определим среднюю скорость подъема уровня расплава в форме в процессе заливки. Она рассчитывается из условия, при котором отсутствуют недоливы и спаи в отливке:

						лис
						т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		42

$$V_{\text{ср}} = \frac{C}{\tau_{\text{опт}}} \geq V_{\text{доп}} \quad (13)$$

где $V_{\text{ср}}$ – средняя скорость подъема уровня расплава в форме, мм/с;

C – высота отливки по положению в форме, мм;

$\tau_{\text{опт}}$ – оптимальная продолжительность заливки, с;

$V_{\text{доп}}$ – допустимая скорость подъема уровня расплава в форме, мм/с;

Подставляя в формулу (13) значения высоты отливки $C=187$ мм, $\tau_{\text{опт}}=6,5$ с, получим:

$$V_{\text{ср}}=187/6,5 = 28,5 \text{ мм/с.}$$

Полученное значение $V_{\text{ср}}$ превышает минимально допустимое значение 20...10 мм/с для отливок из стали с толщиной стенки 40..10 мм, следовательно корректировка времени заполнения формы не требуется.

Суммарную площадь узкого сечения литниковой системы, обеспечивающей оптимальную продолжительность заливки формы, определим по формуле [9]:

$$F_{\text{уз}} = \frac{m}{\mu_{\text{ф}} \cdot \tau_{\text{опт}} \cdot \rho \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_{\text{ср}}}}, \quad (14)$$

где $F_{\text{уз}}$ – суммарная площадь узкого сечения литниковой системы для одной отливки, м²;

m – масса жидкого металла, приходящегося на одну отливку литниками прибылями, кг;

$\tau_{\text{опт}}$ – оптимальная продолжительность заливки, с;

$\mu_{\text{ф}}$ – общий гидравлический коэффициент сопротивления формы;

ρ – плотность заливаемого расплава, кг/м³;

$H_{\text{ср}}$ – средний металлостатический напор в форме, м.

Средний металлостатический напор в форме определяется по формуле [9]:

$$H_{\text{ср}} = H - \frac{P^2}{2 \cdot C}, \quad (15)$$

где H – напор металла от уровня металла в воронке до питателей, мм;

P – высота отливки над питателем, мм.

					лис
					т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а	43

$$H_{cp} = 200 - 131^2/2 \times 187 = 154,1 \text{ мм} = 0,154 \text{ м.}$$

$$F_{уз} = \frac{10,3}{0,42 \cdot 6,5 \cdot 7200 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,154}} = 0,000298 \text{ м}^2 = 29,76 \text{ см}^2$$

Для сужающихся литниковых систем $F_{уз}$ является суммарной площадью сечений питателей для отливки:

$$F_{уз} = \Sigma F_{п}. \quad (16)$$

Определим площади сечений остальных элементов сужающейся литниковой системы, обеспечивающих τ_{opt} [9]:

$$\Sigma F_{п} : \Sigma F_{шл} : \Sigma F_{ст} = 1 : 1,1 : 1,2, \quad (17)$$

где $\Sigma F_{п}$ – суммарная площадь сечений питателей;

$\Sigma F_{шл}$ – суммарная площадь сечений шлакоуловителей;

$\Sigma F_{ст}$ – площадь сечения стояка.

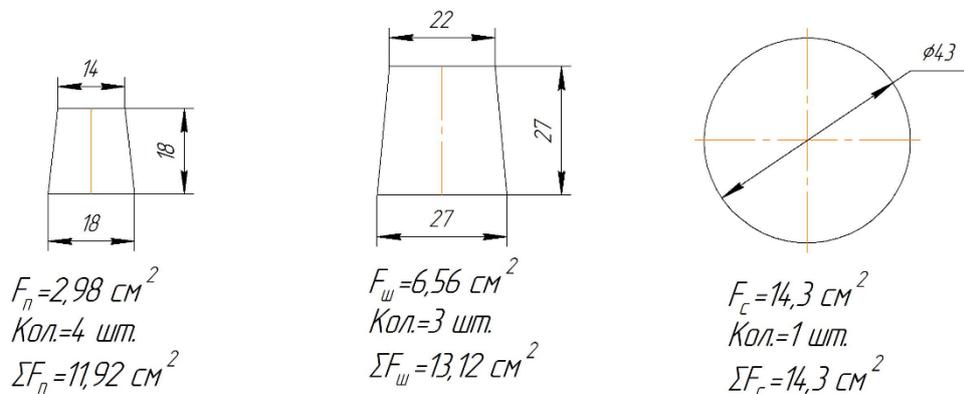
Металл в форме подводится к одной отливке через один стояк, три питателя и три шлакоуловителя.

$$\Sigma F_{шл} = 1,1 \Sigma F_{п} = 1,1 \times 2,98 \times 4 = 13,2 \text{ см}^2;$$

$$\Sigma F_{ст} = 1,2 \Sigma F_{п} = 1,2 \times 2,98 \times 4 = 14,3 \text{ см}^2;$$

Стояк выполняется сужающимся кверху. Для лучшего приема жидкого металла, поступающего из ковша, вверху стояка предусмотрим изготовление литниковой воронки ($D_b = 150 \text{ мм}$).

Эскиз сечений литниковой системы представлен на рисунке 3.



А-сечение питателя; Б-сечение шлакоуловителя; В-сечение стояка.

					лис т
Изм	Лист т	№ докум.	Подп.	Дата	44

Рисунок 3– Эскиз сечений литниковой системы

2.6 Выбор состава формовочных, стержневых смесей и противопригарных красок

Для изготовления данной отливки выбирается автоматическая линия формовки с применением ХТС на основе ALPHA-SET процесса фирмы IMF. Эта линия предназначена для изготовления отливок по безопочной технологии.

При выборе размеров опок следует учитывать, что использование чрезмерно больших опок влечет за собой увеличения затрат труда на уплотнение формовочной смеси, нецелесообразный расход смеси, а использование очень маленьких опок может вызвать брак отливок вследствие продавливания металлом низа формы, ухода металла по разъему и т.п.

Рекомендуемые толщины слоев формовочной смеси на различных участках формы зависят от массы отливки. После этого определяют минимально допустимые размеры опок в свету с учетом изготовления 4 отливок в форме на автоматической формовочной линии Fast-loop фирмы IMF. Выбираем размеры опок: 700x500x200/200 мм.

Метод уплотнения форм на этих линиях – вибрационный. Линия состоит из механизма формообразования для отдельной формовки верха и низа, окрасочной камеры, сушильной печи, сборщика форм, выбивной установки. Эта линия отличается высокой компактностью, достаточной надежностью, невысокой эксплуатационной сложностью. В качестве механизма формообразования используется смеситель с вибростолом, а на позиции выбивки – пресс с виброрешеткой.

Для стальных отливок при использовании подобных методов формообразования рекомендуют состав формовочной смеси:

- кварцевый песок 2К₂О₂02 ГОСТ 2138-91 5%;
- регенерат 95%;
- фенолформальдегидная смола типа ТРА-4 0,9-1,5% сверх 100%;

						лис
						т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		45

- отвердитель ACE (смесь эфиров) 20-25% от смолы.

Свойства смеси представлены ниже:

- прочность при растяжении, МПа 0,4 – 0,5;
- осыпаемость, % <0,13;
- газотворность, см³/г до 14;
- живучесть, мин. 20 – 25;
- минимальное время отверждения в оснастке, мин 20 – 30.

Для изготовления стержней используется β -SET процесс. Процесс основан на использовании в качестве связующих материалов синтетических смол, способных отверждаться при комнатной температуре за счет введения катализатора. По химической природе связующие является жидким фенолформальдегидным олигомером резольного типа резольного типа.

Данная смесь обеспечивает хорошее качество литых поверхностей, отсутствие азота и серы в связующем, незначительное расширение смеси, более легкая выбиваемость и возможность достижения экологически благоприятных условий труда.

Разработанные специально для литейщиков системы холодного отверждения по β -SET - процессу обеспечивают ряд преимуществ при производстве литейных форм и стержней:

- низкий уровень запаха при изготовлении смеси;
- возможность применения различных видов песка;
- низкий уровень химической токсичности;
- лёгкость извлечения из формы;
- возможность очистки оснастки водой (в неотверждённом состоянии);
- равномерное застывание смеси по всему объему.

Перечисленные преимущества системы обеспечивают улучшение окружающей среды, улучшение условий труда рабочих, уменьшение затрат на техническое обслуживание форм и увеличение производительности.

Состав и свойства смеси для изготовления стержней следующий:

						лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		46

- песок 2K₂O₂ ГОСТ 2138-91 – 100%;
- связующее смола ТРА-480 – 1,1...1,6%;
- живучесть – 20...25 мин;
- прочность на растяжение через 2 часа – 1 МПа;
- осыпаемость – <0,13%.

Высокие температуры литья требуют тщательного выбора огнеупорных материалов, обеспечивающих полную защиту от пригара. В номенклатуре покрытий используются огнеупорные материалы на основе высокочистого силиката циркония, гарантирующие защиту в условиях литья.

Для борьбы с пригаром при литье в песчаные формы наносят на поверхность формы противопопригарное покрытие. Противопопригарные краски представляют собой суспензии, состоящие из порошкообразного огнеупорного наполнителя, связующего и стабилизатора, распределенных в дисперсной среде – воде или органической жидкости. Краска должна обладать высокой огнеупорностью, химической нейтральностью по отношению к расплаву и его оксидам, высокой прочностью сцепления с поверхностью формы. Необходимо, чтобы слой краски после высыхания был негигроскопичным, негазотворным, сохранял прочность до образования в отливке достаточно жесткой твердой корки.

Для производства данной отливки применяется самовысыхающие противопопригарное покрытие HОLCOTE 110 фирмы «FOSECO» имеющее следующий состав:

- цирконовый концентрат, % 58;
- поливинилбутираль, % 1,5;
- спирт этиловый, % 40,5.

2.7 Выбор модельного комплекта

Литейная оснастка должна обеспечивать получение отливок с требуемой точностью и шероховатостью поверхности. Литейная оснастка по своей роли в

						лис
						т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		47

процессе изготовления отливок подразделяется на формообразующую и универсальную. Формообразующая оснастка представляет собой модельный комплект, в который входят модели, стержневые ящики, элементы литниковой системы.

Модель – это приспособление для получения внутренних рабочих поверхностей в литейных песчаных формах. Стержневой ящик – это приспособление для получения стержней из песчаных смесей. К универсальной оснастке относятся опоки, подопочные и подмодельные плиты.

Для обеспечения бесперебойной работы цеха необходимо иметь запасной модельный комплект, на случай ремонта основного комплекта.

По прочности модельные комплекты подразделяются на три класса, от прочности зависит количество съёмов литейных форм.

Для массового изготовления данной отливки применяется металлический модельный комплект первого класса точности и третьего класса прочности, запасной комплект допускается изготовить по второму классу точности и второму классу прочности [10].

2.8 Разработка технологии сборки и заливки форм

Формы изготавливают по технологии безопочной формовки из холоднотвердеющих смесей. В этом случае процесс уплотнения и отверждения полуформ идет в жестко закрепленной на подмодельной плите деревянной раме, полуформа отделяется от подмодельной плиты в поворотно-вытяжном устройстве. Далее затвердевшая полуформа идет по конвейеру без деревянной опоки.

Участок, на котором происходит смена моделей и подготовка деревянных ящиков к формовке, подключен к автоматическому складу моделей, управляемому при помощи ПК. Операция по смене модели происходит в течение одного тактового цикла.

						лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		48

После заполнения формы смесью происходит уплотнение смеси благодаря срабатыванию вибрационного стола, располагающегося под роликовым транспортом. Удаление излишков смеси происходит автоматически при помощи специального устройства.

Зона отверждения формовочной смеси состоит из нескольких участков роликового транспортера, приводящихся в действие по отдельности и варьирующихся в зависимости от производительности и применяемых процессов. Благодаря наличию ускорителей и замедлителей, установленных на каждом участке роликового транспортера, транспортировка происходит мягко и без тряски.

Опрокидыватель поворачивается на 180° и при помощи вибрации полуформа оказывается на ленте транспортера. Эта операция осуществляется автоматически. После этого форма направляется на участок окрашивания антипригарной краской, а модельное устройство - возвращается на участок заполнения либо в зону смены модели.

Процесс окраски осуществляется путем применения манипуляторов.

Сушка форм осуществляется, как правило, в туннеле с теплым воздухом.

Участок установки стержней в форму сконструирован таким образом, что к форме обеспечивается открытый доступ.

Формы с уже проставленными стержнями закрываются при помощи полностью автоматизированных устройств. Оборудование самостоятельно выполняет все необходимые операции без вмешательства оператора независимо от типа формы установленные на разливочной платформе закрытые формы транспортируются при помощи специальных транспортных устройств в зону заливки их металлом.

После затвердевания отливку выдерживают в форме для охлаждения до температуры выбивки. Чем выше температура выбивки, тем короче технологический цикл изготовления отливки и больше производительность формовочно-заливочного участка. Однако высокая температура выбивки нежелательна из-за опасности разрушения отливки, образования дефектов или ухудшения ее качества. Вблизи температуры кристаллизации сплавы имеют низкие

					лис
					т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а	49

прочностные и пластические свойства, поэтому опасность разрушения отливки особенно велика.

На воздухе отливки охлаждаются быстрее, чем в форме. При этом неравномерность охлаждения массивных и тонких сечений усиливается, и уровень внутренних напряжений в отливке возрастает. Ранняя выбивка может привести к образованию трещин, короблению и сохранению в отливке высоких остаточных напряжений.

Длительная выдержка в форме с целью охлаждения до низкой температуры нецелесообразна с экономической точки зрения, так как удлиняет технологический цикл изготовления отливки. Поэтому выбивку стремятся производить при максимально допустимой высокой температуре. Она зависит от природы сплава, а также от конструкции отливки. Стальные отливки рекомендуют охлаждать в форме до 500-700 °С.

После охлаждения формы с отливками попадают на вибрационную установку, оснащенную выбивной решеткой или проходным охлаждающим барабаном. Песок направляется на участок регенерации, а затем используется повторно.

2.9 Разработка технологии обрубки, очистки и окраски отливок

Отливки, не имеющие явных дефектов, подвергаются дальнейшей очистке от формовочной смеси, пригара.

Для удаления литников и прибылей применяют гидравлический пресс. Для удаления остатков питателей, прибылей, заливок, заусенцев, перекосов и неровностей применяют шлифовальные абразивные круги.

Отливки, поступающие из формовочного отделения, попадают в дробеструйную камеру вместе с литниками, затем отливки помещают в термопечь предварительно срезав литники резаками, после термообработки – в очистную дробеструйную камеру.

Для снятия внутренних напряжений и измельчения структуры стальных отливок применяется нормализация при температуре 890-920 °С в течении 8 часов.

						лис
						т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		50

Грунтовку (окраску) отливок применяют для их предохранения от коррозии при длительном хранении или транспортировке. Окраске подвергают наружные и внутренние поверхности отливок, не подлежащие механической обработке.

Для грунтовки применяется нанесение краски в электростатическом поле. При применении этого способа существенно улучшаются условия труда, получается равномерный слой покрытия при значительной экономии краски. Процесс окраски в электростатическом поле легко поддается автоматизации. Заземленные отливки последовательно подаются в электростатическое поле, в это же пространство подается распыленная краска. Частицы краски, ионизируясь, движутся к отливке и оседают на ней. Процесс является саморегулирующимся, так как чем тоньше в каком-либо месте слой краски, тем активнее следуют к нему ионизированные частицы.

Окрашенные отливки подвергают сушке в проходных камерах при температуре около 120 °С инфракрасными лучами. При сушке инфракрасными лучами теплота к краске поступает от металла, и просушка идет от внутренних слоев, причем краска застывает не разрываясь.

					лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а	

3 ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

В экономической части дипломного проекта представлен расчет технико-экономических показателей, анализ целесообразности и эффективности работы проекта нового цеха стального литья с годовой производительностью 30000 тонн. Площадь спроектированного цеха составляет 9500 м². Отливки получают из стали марки 25Л.

3.1 Изменение состава и стоимости машин и оборудования представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Состав и стоимость машин и оборудования.

№	Машины и оборудование	Количество машин данной марки	Стоимость 1 шт., тыс. руб.	Стоимость всех машин данной марки, млн. руб.
Плавильное оборудование				
1	Печь	6	16000,000	96,000
2	Установка подогрева шихты	2	420,000	0,840
3	Установка подогрева ковшей	3	310,000	0,930
4	Ковш раздаточный	4	160,000	0,640
5	Ковш разливочный	7	100,000	0,700
Итого				99,110
Машины для изготовления формовочных материалов				
6	Смеситель огнеупорной массы	1	268,000	0,268
7	Установка пневмотранспорта	1	480,000	0,480
8	Смеситель IMF	2	1320,000	2,640
9	Установка механической регенерации IMF fast-loop	2	8200,000	16,400
Итого				19,788
Линии для литейного производства				
10	Формовочная линия IMF fast-loop	1	13500,000	13,500

										лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а						52

Окончание таблицы 5.1

№	Машины и оборудование	Количество машин данной марки	Стоимость 1 шт., тыс. руб.	Стоимость всех машин данной марки, млн. руб.
11	Стержневой автомат IMF DISKO	1	9400,000	9,400
Итого				22,900
Машины выбивные				
12	Печь термическая	2	1800,000	3,600
13	Камера дробеметная	4	6800,000	27,200
14	Барабан дробеметный	4	220,000	0,880
15	Камера моечная	1	450,000	0,450
16	Камера окрасочная	1	780,000	0,780
17	Камера сушильная	1	695,000	0,695
Итого				33,605
Всего				175,403

3.2 Изменение состава основных фондов и амортизационных отчислений представлено в таблице 11.

Таблица 11 – Состав основных фондов и амортизационных отчислений

Наименование основных фондов цеха.	Стоимость основных фондов, млн. руб.	Содержание от общей суммы фондов, %	Норма амортизации, %	Годовые амортизационные отчисления, млн. руб.
1.Здания	280,000	57,923	1,200	3,360
2.Сооружения				0,000
-железнодорожные пути	3,000	0,621	4,000	0,120
-очистные сооружения	1,000	0,207	2,000	0,020
-водонапорные башни	3,000	0,621	2,500	0,075
3.Передаточные устройства				0,000
-линии электропередач	4,000	0,827	2,000	0,080
-газопроводы	5,000	1,034	1,700	0,085

										лис т
Изм	Лист т	№ докум.	Подп.	Дата						53

Окончание таблицы 11

Наименование основных фондов цеха.	Стоимость основных фондов, млн. руб.	Содержание от общей суммы фондов, %	Норма амортизации, %	Годовые амортизационные отчисления. млн. руб.
4.Машины и оборудование:				
-силовые машины	2,000	0,414	6,400	0,128
-рабочие машины				0,000
а)машины для изготовления формовочных материалов	19,788	4,093	11,100	2,196
б)линии для литейного производства	22,900	4,737	10,000	2,290
в)машины выбивные	33,605	6,952	16,700	5,612
г)плавильное оборудование	99,110	20,503	10,000	9,911
-измерительные приборы	0,500	0,103	7,000	0,035
-вычислительная техника	0,500	0,103	12,500	0,063
5.Транспортные средства	0,500	0,103	3,200	0,016
6.Инструмент	0,500	0,103	20,000	0,100
7.Производственный инвентарь	4,000	0,827	9,100	0,364
8.Хозяйственный инвентарь	4,000	0,827	9,100	0,364
Всего	483,403	100,000		24,819

Вывод: В проектируемом цехе годовые амортизационные отчисления составили 24,819 млн. руб.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		лист
	т			а		54

3.3 Изменение потребности в оборотных средствах представлено в таблице 12

Таблица 12 – Изменение потребности в оборотных средствах

Наименование оборотных средств	Ед. изм.	Литейный цех		Годовая потребность	
		норма расходов на 1т годного литья	цена за единицу, руб.	в единицах измерения	потребность в млн. руб.
Основные материалы					
1. Возврат ГОСТ 2787-86	т	0,545	12600,00	16350,000	206,010
2. Лом стальной ГОСТ 2787-86	т	0,812	12600,00	24360,000	306,936
3. Чугун передельный П1 ГОСТ 805-95	т	0,036	25700,00	1080,000	27,756
4. Ферросилиций ФС75 ГОСТ 1415-93	т	0,001	69900,00	24,000	1,678
5. Ферромарганец ФМн65 ГОСТ 4755-91	т	0,004	59850,00	132,000	7,900
Итого		1,3982		41946,000	550,280
Вспомогательные материалы					
1. Песок 2К2О202 ГОСТ 2138-91	т	0,618	580,00	18540,000	10,753
2.Смесь оборотная	т	9,75	2500,00	292500,00	731,250
3. Смола ТРА-480	т	0,145	15000,00	4350,000	65,250
4. Отвердитель АСЕ	т	0,036	250000,00	1080,000	270,000
5. Огнеупоры ГОСТ 390-96	т	0,1	7000,00	3000,000	21,000
Итого		10,649		319470,000	1098,253
Топливо и энергия для технологических нужд					
1. Эл. энергия	кВ/ч	6000	4,80	180000000	864
2. Сжатый воздух	м ³	120	7,60	3600000	27,36
3. Газ	м ³	6	4,20	180000	0,756
4. Вода	м ³	12	12,00	360000	4,32
Итого				184140000	896,436
Топливо и энергия для хозяйственных нужд					
1. Эл. энергия	кВ/ч	62	4,80	1860000	8,928

						лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		55

Окончание таблицы 12

Наименование оборотных средств	Ед. изм.	Литейный цех		Годовая потребность	
		норма расходов на 1т годового литья	цена за единицу, руб.	в единицах измерения	потребность в млн. руб.
2. Питьевая вода	м ³	12,5	14,80	375000	5,55
Итого				2235000	14,478
Всего					2559,447
Возвратные отходы					
1. Обратная смесь	т	9,75	1250,00	292500	365,625
2. Возврат	т	0,545	16450,00	16350	268,9575
3. Вода	м ³	12	12,00	360000	4,32
Итого				668850	638,9025

Вывод: Годовая потребность в оборотных средствах составила 1920,54 млн. руб.

3.4 Баланс использования времени одного производственного рабочего представлен в таблице 13.

Таблица 13 – Баланс использования времени одного производственного рабочего

Элементы баланса	Дни	Часы
Календарное время	365	2920
Выходные и праздничные дни (если цех не работает)	116	928
Номинальное время	249	1992
Потери рабочего времени:		0
– очередной отпуск;	35	280
– болезнь;	10	80
– выполнение государственных и общественных обязанностей;	3	24
– прочие	3	24
Эффективное время	198	1584

Вывод: При условии работы в 2 смены длительность смены 8 часов и эффективное время 1 производственного рабочего 1584 часов.

						лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		56

3.5 Расчет среднесписочной численности и фонда заработной платы рабочих базового цеха представлен в таблице 14

Таблица 14 – Расчет среднесписочной численности и фонда заработной платы рабочих базового цеха

Профессия рабочего	Разряд	Количество работающих	Часовая тарифная ставка данного разряда, руб.	Годовой фонд заработной платы, тыс. руб.			
				прямой	начисления на прямую заработную плату	общий	общий с учетом СВ 30,2%
Основные рабочие							
Плавильщик	6	12	100	1900,80	950,40	2851,20	3712,26
Помощник	5	12	80	1520,64	760,32	2280,96	2969,81
Шихтовщик	4	4	75	475,20	237,60	712,80	928,07
Заливщик	5	4	95	601,92	300,96	902,88	1175,55
Формовщик	5	4	85	538,56	269,28	807,84	1051,81
Смесеприготовитель	3	4	80	506,88	253,44	760,32	989,94
Проставщик стержней	4	4	80	506,88	253,44	760,32	989,94
Стерженщик	4	4	85	538,56	269,28	807,84	1051,81
Термист	4	2	95	300,96	150,48	451,44	587,77
Сварщик	4	10	120	1900,80	950,40	2851,20	3712,26
Обрубщик	3	4	120	760,32	380,16	1140,48	1484,90
Крановщик	4	26	60	2471,04	1235,52	3706,56	4825,94
Маляр	4	2	95	300,96	150,48	451,44	587,77
Итого		92				18485,28	24067,83
Вспомогательные рабочие. Занятые обслуживанием оборудования							
Механик	4	4	60	380,16	190,08	570,24	742,45
Наладчик	4	4	60	380,16	190,08	570,24	742,45
Электрик	5	4	60	380,16	190,08	570,24	742,45
Слесарь	5	4	60	380,16	190,08	570,24	742,45
Итого		16				2280,96	2969,81
Незанятые обслуживанием оборудования							
Кладовщик	4	4	50	316,80	158,40	475,20	618,71
Плотник	3	4	55	348,48	174,24	522,72	680,58
Итого		8				997,92	1299,29
Всего		116				21764,16	28336,94

						лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		57

Вывод: Начисления на прямую плату составляют 50% и складываются из: 15% региональный коэффициент, 15% за вредность производства, 20% премиальный коэффициент.

Среднесписочная численность рабочих в цехе составляет 116 человек. Общий годовой фонд заработной платы с учетом СВ всех рабочих проектируемого цеха составляет 28,337 млн. руб.

3.6 Расчет фонда заработной платы остальных работников базового цеха представлен в таблице 15.

Таблица 15 – Расчет фонда заработной платы остальных работников базового цеха

Должность	Количество	Оклад, руб.	Начисления на оклад, руб. 80%	Общий годовой фонд заработной платы, тыс. руб.	Общий годовой фонд заработной платы с учетом СВ, 30,2%, тыс. руб.
Руководители					
Начальник цеха	1	70000	56000	1512	1968,62
Зам. Начальника	2	50000	40000	2160	2812,32
Начальник смены	2	40000	32000	1728	2249,86
Мастер	6	35000	28000	4536	5905,87
Итого	11			9936	12936,67
Специалисты					
Технолог	6	25000	20000	3240	4218,48
Инженер по труду	1	20000	16000	432	562,46
Инженер	4	25000	20000	2160	2812,32
Конструктор	6	25000	20000	3240	4218,48
Итого	17			9072	11811,74
Служащие					
Экономист	2	25000	20000	1080	1406,16
Нормировщик	2	16000	12800	691,2	899,94
Итого	4			1771,2	2306,10
Младший обслуживающий персонал					
Дворник	2	6000	4800	259,2	337,48
Уборщик	2	5000	4000	216	281,23
Итого	4			475,2	618,71
Всего	36			21254,4	27673,23

						лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		58

Вывод: Начисления на оклад работников базового цеха составляют 50%, которые складываются из: 15% региональный коэффициент, 15% за вредность производства, 20% премиальный коэффициент. Общий годовой фонд заработной платы с учетом страховых выплат всех работающих проектируемого цеха составил 56,010 (28,337+ 27,673) млн. руб.

3.7 Ведомость среднесписочного количества работающих и фонда заработной платы.

Таблица 16 – Ведомость среднесписочного количества работающих и фонда заработной платы

Категория работающих	Среднесписочное количество работающих	Среднемесячная заработная плата, тыс. руб.	Общий годовой фонд заработной платы, млн. руб.	Общий годовой фонд заработной платы с учетом СВ, 30,2%, млн. руб.
Основные рабочие	92	21,80	18,49	24,068
Вспомогательные рабочие:				
– занятые обслуживанием оборудования;	16	15,47	2,28	2,970
– незанятые обслуживанием оборудования	8	13,53	1,00	1,299
Руководители	11	98,01	9,94	12,937
Специалисты	17	57,90	9,07	11,812
Служащие	4	48,04	1,77	2,306
Младший обслуживающий персонал	4	12,89	0,48	0,619
Итого	152		43,02	56,010

					лист
					т
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	59

3.10 Себестоимость продукции представлена в таблице 19.

Таблица 19 – Себестоимость годовой программы и одной тонны годного литья

Калькуляционные статьи расхода	На годовую программу, млн, руб.	На одну тонну годного литья, тыс. руб.
Основные и вспомогательные материалы на технологические цели	1648,533	54,95
Топливо энергия на технологические цели	896,436	29,88
Возвратные отходы оборотных средств	-638,903	-21,30
Общая з/п основных рабочих с учетом страховых выплат	56,010	1,87
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	24,542	0,82
Цеховые расходы	48,104	1,60
Потери от брака	2,000	0,07
Итого цеховая себестоимость	2036,722	67,89
Общехозяйственные расходы	1,500	0,05
Итого производственная программа	2038,222	67,94
Внепроизводственные расходы	1,000	0,03
Итого полная себестоимость	2039,222	67,97

Вывод: Полная себестоимость 1 т годного литья в проектном цехе составила 67,97 тыс. руб.

						лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		б1

3.11 Техничко-экономические показатели работы цеха в таблице 20.

Таблица 20 – Техничко-экономических показателей работы цеха

Наименование показателя	Единица измерения	Обозначения и расчетные формулы	Значение показателя
Годовой объем производства годного литья	т	Q	30000
Потери от брака	%	$ПБ=(mБ/(Q+mБ))\times 100\%$	3,00
Общая площадь цеха	м ²	S	12420
Съем литья с 1 м общей площади	т/м ³	$C_s=Q/S$	2,415
Балансовая стоимость ОФ	млн. руб.	Ф _Б	483,403
Активная часть ОФ	%	$АЧ=Ф_3/Ф_Б\times 100\%$	37,11
Стоимость оборотных фондов	млн. руб.	ОС	1920,545
Расход осн. материалов на 1 т годного литья	т	P _{ом}	1,398
Численность -работающих -рабочих	чел.	Ч	152
		Ч _р	116
Производительность труда одного работающего	т/чел.	ПТ=Q/Ч	197,368
Производительность труда одного рабочего	т/чел.	ПТр=Q/Чр	258,621
Трудоемкость продукции	(чел*ч)/т	ТЕ=Чр*ЭВ/Q	6,125
Общий годовой фонд з/п работающих	млн. руб.	ФЗП	43,019
Среднемесячная з/п одного работающего	тыс. руб.	ЗП	23,585
Полная себестоимость 1 т годного литья	тыс. руб.	С	67,974

						лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		б2

Окончание таблицы 20

Наименование показателя	Единица измерения	Обозначения и расчетные формулы	Значение показателя
Цена 1 т годового литья	тыс. руб.	Ц	90,000
Прибыль на 1 т литья	тыс. руб.	$\Pi = Ц - С$	22,026
Прибыль на годовой выпуск	млн. руб.	$\Pi_0 = \Pi * Q$	660,778
Рентабельность продукции	%	$R_{\Pi} = \Pi / C * 100\%$	32,40
Рентабельность по фондам	%	$R_{\Phi} = (\Pi * Q) / (\Phi_{\text{Б}} + \text{ОС}) * 100\%$	27,49
Затраты на 1 руб. продукции	руб./ руб.	$Z = C / Ц$	0,76
Капиталовложения	млн. руб.	К	3091,190
Срок окупаемости капитальных вложений	лет	$T = K / \Pi_0$	5
Коэффициент эффективности капитальных вложений	1/год	$E = 1 / T$	0,200

										лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а						бз

4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

4.1 Общая характеристика литейного цеха

При планировке цеха учтены производственные, транспортные, экономические и другие требования. Следует иметь в виду создание благоприятной гигиенической обстановки и устранение опасностей для всех категорий работающих в цехе. Место расположения площадки должно обеспечивать возможность соблюдения санитарных норм по предельным концентрациям вредных выбросов в атмосферу, водоемы и наиболее целесообразное расселение рабочих, и доставку их до места работы. Цех и отдельно стоящие производственные сооружения по отношению к жилым районам расположены с подветренной стороны к ветрам преобладающего направления. Места для отвалов и отходов, выделяющих в атмосферу дым, газы, запахи, расположены с подветренной стороны по отношению к площадке предприятия. Между цехом и жилыми районами создана санитарно-защитная зона, ширина которой зависит от количества вредностей, выбрасываемых цехом в воздушный бассейн. Санитарно-гигиенические требования к вентиляции, отоплению помещения выполнены по СанПиН 2.2.4.548-03 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

Для безопасности передвижения по территории цеха большое внимание уделено организации грузопотоков. Здание одноэтажное, имеет прямоугольную форму общей площадью 12420 м².

Фонари прямоугольного сечения шириной 3 м и высотой 6 м. В плавильном отделении предусмотрены механизмы открывания и закрывания фрагуг, обеспечивающие естественную вентиляцию. Естественное освещение достигается за счет остекления наружных продольных стен. Установка фонарей обеспечивает искусственное освещение.

Полы в литейном цехе должны обладать высокой прочностью, износостойкостью к воздействию агрессивных сред, расплавленных металлов, раскаленных деталей. С учетом вышесказанного в отделениях литейного цеха

					лис
					т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а	64

применяют типы полов, удовлетворяющие требованиям: диэлектричности, безыскровости, беспыльности, бесшовности, теплоусвоения, повышенной химической стойкости. Таким образом, в плавильном, формовочном, выбивном, стержневом, обрубном отделениях, а также в закромах формовочных материалов литейного цеха предусмотрены стальные перфорированные плиты, толщиной 1,5...3 мм, а на участке заливки плиты из жаростойкого бетона. Для складов шихты применяют стальные рифленые плиты толщиной 8 мм.

Температура в цехе в холодный период 15 - 21 °С, в теплый период 16 - 27 °С. Предприятие относится ко 2-му классу санитарной классификации по СанПиН 2.2.1.1200-2003 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и других объектов». Поэтому территория цеха отделена от жилого массива санитарно-защитной зоной на расстоянии (500 м).

При укладке шихтовых, формовочных материалов, применяемых в цехе, учтены способы хранения и предельная высота хранения. Ширина проезда: 3 м. В помещениях, используются такие способы перемещения грузов, которые наилучшим образом отвечают требованиям данного производства.

Для складирования грузов отводятся специальные места. Главные входы и въезды на территорию цеха предусмотрены со стороны основных подходов и подъездов рабочих. От входов на территорию устраивают пешеходные дороги к цеху. Вдоль цеха предусмотрены автомобильные дороги и тротуары. Все дороги в летнее время поливают водой, а в зимнее очищают от снега и льда.

Расстояние от рабочих мест до отдельно стоящих зданий составляет 30 м. Расстояние от цеха до пункта питания составляет 30 м. Санитарно-защитная зона и территория цеха озеленяется.

Зелень служит барьером, защищающим от пыли, дыма, газов, шума, ветров; она ослабляет отрицательное влияние высокой температуры летом и освежает воздух. Между санитарно-защитной зоной и жилым районом предусмотрена полоса древесно-кустарниковых насаждений шириной 20 м. Все площадки, лестницы, канавы ограждаются перилами, высотой 1,2 м со сплошной обшивкой понижу на высоту 0,2 м. Лестницы имеют уклон 40°.

Изм	Лист т	№ докум.	Подп.	Дата а

4.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов

В проектируемом цехе, в соответствии с ГОСТ 12.0.003-03 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация», при проведении технологического процесса на всех стадиях обработки металлов возможно появление опасных и вредных производственных факторов. Основными из них являются: пыль дезинтеграции и конденсации; выделение паров и газов; избыточное выделение теплоты; повышенный уровень шума, вибрации, электромагнитных излучений; наличие движущихся машин и механизмов и т.д. Вредные производственные факторы негативно воздействуют на организм людей работающих в цехе, приводят к различным заболеваниям и быстрой утомляемости, опасные же факторы влекут за собой травматизм и летальный исход.

Проектируемый цех находится в городе Челябинск.

В конструируемом цехе можно выделить ряд опасных и вредных факторов:

- подвижные части производственного оборудования;
- повышенная температура воздуха рабочей зоны и горячая поверхность оборудования;
- пониженный уровень освещённости;
- повышенный уровень шума;
- повышенный уровень вибрации;
- запылённость воздуха рабочей зоны;
- повышенные значения напряжения в электрической цепи.

Опасные факторы являются причиной травматизма и смертности.

4.2.1 Запыленность воздуха рабочей зоны

В соответствии с ГОСТ 12.0.003-01 «СББТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» в литейном цехе к опасным и вредным

						лис
						т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		66

Для уменьшения содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны разработана система вентиляционных установок.

Контроль содержания опасных веществ проводится непрерывно при помощи таких устройств, как газоанализатор типа ГХ-1.

4.2.2 Микроклимат на рабочих местах

Производственный микроклимат – сочетание температуры, влажности и скорости движения воздуха, а в горячих цехах ещё и теплового излучения.

Оценка микроклимата проводится на основе измерений его параметров (температура, влажность воздуха, скорость его движения, тепловое излучение) на всех местах пребывания работника в течение смены и сопоставления с нормативами согласно СанПиН 2.2.4.548-96 и ГОСТ 12.1.005-88, которые устанавливаются с учетом интенсивности энергозатрат работающих, времени выполнения работы, периодов года. Правила и нормы микроклимата предназначены для предотвращения неблагоприятного воздействия микроклимата рабочих мест, производственных помещений на самочувствие, функциональное состояние, работоспособность и здоровье человека.

Работы, выполняемые в цехе относятся к работам средней тяжести (категория Пб).

К показателями, характеризующим микроклимат относятся:

- температура воздуха;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового излучения.

						лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		68

К категории Пб (энерготраты от 201 до 250 ккал/ч (233...290 Вт)) относятся работы, связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением.

Оптимальные и допустимые показатели температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений должны соответствовать значениям (согласно ГОСТ 12.1.005-88) и представлены в таблице 22.

Интенсивность теплового облучения работающих от нагретых поверхностей технологического оборудования, осветительных приборов, инсоляции на постоянных и непостоянных рабочих местах не должна превышать 35 Вт/м² при облучении 50% поверхности тела и более, 70 Вт/м² - при величине облучаемой поверхности от 25 до 50 % и 100 Вт/м² - при облучении не более 25 % поверхности тела.

Интенсивность теплового облучения работающих от открытых источников (нагретый металл, стекло, «открытое» пламя и др.) не должна превышать 140 Вт/м², при этом облучению не должно подвергаться более 25 % поверхности тела и обязательным является использование средств индивидуальной защиты, в том числе средств защиты лица и глаз.

Кроме того, при обеспечении допустимых величин микроклимата на рабочих местах:

- перепад температуры воздуха по высоте должен быть не более 3 °С;
- перепад температуры воздуха по горизонтали, а также ее изменения в течение смены не должны превышать (при категориях работ Пб) 5 °С.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) являются одной из мер предупреждения неблагоприятного воздействия на работающих ОВФ РС и ТП. Обеспечение рабочих надежными и эффективными СИЗ, способствует повышению

						лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		69

безопасности труда, снижению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости.

Таблица 22 – Оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ	Температура, °С				Относительная влажность, %		Скорость движения, м/с		
		оптимальная	допустимая		оптимальная	допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных	оптимальная, не более	допустимая на рабочих местах постоянных и непостоянных		
			верхняя граница	нижняя граница						
			на рабочих местах							
постоянных	непостоянных	постоянных	непостоянных							
Холодный	Пб	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	не более 0,4
Теплый	Пб	20-22	27	29	16	15	40-60	70 (при 25°С)	0,3	0,2-0,5

4.2.3 Шум

Интенсивный шум оказывает негативное влияние на работоспособность человека. Шум затрудняет своевременную реакцию работающих на предупредительные сигналы внутрицехового транспорта, что способствует возникновению несчастных случаев. Уровень шума в производственных помещениях должен соответствовать СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

									лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а					70

Уровень звукового давления в производственных помещениях, на постоянных рабочих местах и на территории предприятия не должен превышать 80 дБА. Уровни звуковой мощности представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Уровни звуковой мощности оборудования цеха

Оборудование	Частоты октановых полос, Гц								Длительность воздействия шума за смену
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Допустимые	95	87	82	78	75	73	71	69	<4
Дробемётная камера	104	110	113	150	100	96	94	91	>4
Магнитный кран	96	101	101	91	78	76	74	73	>4
Зачистные станки	107	103	109	108	103	106	107	106	<4

Наибольшие уровни шума характерны для участков формовки, выбивки отливок, зачистки и обрубки. Параметры шума и общие требования безопасности регламентируются СН 2.2.4/2.1.8.562-01.

Общие требования безопасности при использовании машин и оборудования, работа которых сопровождается шумом, допустимые уровни звукового давления на рабочих местах устанавливаются в соответствии с ГОСТ 12.1.003-03 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности». В отделениях цеха, где имеются производства с эквивалентными уровнями шума более 85 дБ, должны быть предусмотрены комнаты отдыха с уровнем шума не более 40 дБ.

Для снижения механического шума используем упругие вставки между деталями и частями агрегатов, а также проводим принудительную смазку трущихся частей, что уменьшает уровень шума на 5...7 дБ. Применение звукопоглощающих кожухов является простым и дешёвым способом снижения

									лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а					71

шума. Применение индивидуальных средств защиты также уменьшает вредное воздействие шума на человека ГОСТ 27409-97 «Шум. Нормирование шумовых стационарного оборудование. Основные положения».

4.2.4 Вибрация

В литейном цехе по ГОСТ 10816.1-97 «Вибрационная безопасность. Общие требования» локальная и общая вибрация второй категории.

Источниками общей вибрации являются сотрясения пола и других конструктивных элементов здания вследствие ударного действия выбивных решеток, центробежных и других машин. Параметры общей и локальной вибрации регламентируются СН 2.2.4/2.1.8.566-01.

Местная и общая вибрация вызывают вибрационную болезнь.

Поскольку технология изготовления отливок предусматривает использование формовочных вибрационных машин, то необходимо проводить следующие мероприятия по снижению уровня вибрации:

- встраивание дополнительных устройств вибропоглощения в конструкцию машин;
- рабочие обеспечиваются СИЗ – специальными рукавами с вибродемпфирующей прокладкой и обувью с вибродемпфирующей подошвой.

В таблице 24 приведены гигиенические нормы вибрации.

Таблица 24 – Гигиенические нормы вибрации

Вид вибрации	Допустимый уровень вибростойкости, дБ, в активных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										
	1	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Транспортно-технологическая	-	117	108	102	101	101	101	-	-	-	-
Технологическая	-	108	99	93	92	92	92	-	-	-	-

												лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а								72

освещение" (утв. постановлением Минстроя РФ от 2 августа 1995 г. N 18-78) (с изменениями и дополнениями). Кроме естественного освещения через окна и аэрационные фонари в цехе применяется искусственное освещение. Для общего освещения используются газоразрядные источники света типа ДРИ и ДРЛ.

В соответствии со СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования» освещение должно обеспечивать санитарные нормы освещённости на рабочих местах, равномерную яркость, отсутствие ярких теней, правильность направления светового потока.

Рекомендуемые значения освещённости приведены в таблице 25.

Непостоянство естественного света вызывает необходимость использования искусственного и комбинированного освещения.

Искусственное освещение осуществляется лампами накаливания, ртутными лампами мощностью 250, 400, 700, 1000 кВт. Местное освещение осуществляется установленными на высоте 3...4 м люминесцентными лампами. Предусматривается аварийное освещение для безопасного продолжения работы и выхода людей из помещения при внезапном повреждении освещения

Таблица 25 – Рекомендуемые значения освещённости

Наименование участков операций	Рабочая поверхность	Нормируемая поверхность	Разряд зрительной работы	Общее освещение, ЛК	КЕО, $I_{нр}$, % при освещении совмещённом
Погрузка и разгрузка материалов	площадка, закром	горизонталь	IV _а	150	2,4
Плавление металла	печь	горизонталь, вертикаль	IV _г	150	2,4
Загрузка шихты	загрузочная площадка, свод	горизонталь	VIII _б	200	0,7

						лис т
Изм	Лист т	№ докум.	Подп.	Дата		74

Изготовление форм	0,8 от пола	горизонталь	VI	300	1,8
-------------------	-------------	-------------	----	-----	-----

4.3 Безопасность материалов, производственных процессов и оборудования

4.3.1 Безопасность производственных процессов

Безопасность производственных процессов определяется, в первую очередь, безопасностью производственного оборудования, которая обеспечивается учётом требований безопасности при составлении технического задания на его проектирование.

Безопасность техпроцессов достигается соблюдением требований ГОСТ 12.3.002-11 «Процессы производственные. Общие требования безопасности».

Важным условием по соблюдению безопасности технологических процессов является проведение профилактических мероприятий.

К специальным средствам обеспечения безопасности труда относятся системы освещения и вентиляции производственных помещений, разрывы и габариты безопасности, расстояние между путями железнодорожного транспорта.

Для обеспечения безопасности операций по хранению и переработке исходных шихтовых, огнеупорных и формовочных материалов используются бункера и закрома. Для транспортировки шихтовых материалов предусматривается механизированное оборудование, которое освобождает рабочих от тяжёлого физического труда и снижает травматизм.

Выбивные решётки и другое опасное оборудование отделяется от других производственных зон оградительными устройствами, тем самым, исключая или уменьшая воздействие вредных и опасных факторов.

						лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		75

Работа выбивной решётки связана с работой вытяжной вентиляции и системой ленточных транспортёров для регенерации смеси, что существенно снижает выделение вредных веществ и уменьшает риск травматизма [17].

4.3.2 Безопасность производственного оборудования

Опасные зоны снабжаются защитными блокировочными ограждениями ГОСТ 12.2.046.0-04 «Оборудование производственное. Ограждения защитные» полностью исключают травматизм оператора при выполнении технологических операций.

Общие требования безопасности производственного оборудования определены ГОСТ 122003-91. Безопасность производственных процессов регламентируются ГОСТ 123002-75.

Во избежание выброса металла всё литейное оборудование, контактируемое с ним, просушивается на специальных стендах.

Работы по выбивке, транспортированию отливок и отработанной смеси механизированы ГОСТ 12.4.125-85 «Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация».

Для предотвращения пожара от короткого замыкания и перегрузки электропроводки предусмотрены плавкие предохранители и заземление ГОСТ 12.1.019-01 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».

Специальные требования безопасности к различным группам литейного оборудования рассмотрены на примере формовочных вибрационных столов для уплотнения стержней и форм, изготавливаемых из ХТС.

Конструкция стола должна предусматривать:

- дистанционное управление;
- рольганг для транспортировки опок или стержневых ящиков;
- надёжное крепление и ограждение вибровозбудителя.

						лис
						т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		76

Конструкция стола должна исключать смещение опок или стержневых ящиков за его пределы при работающих вибровозбудителях.

4.3.3 Электробезопасность

Электробезопасность в литейном цехе обеспечивается следующими мерами:

- электрическое разделение сети трансформаторами;
- применение малых напряжений;
- использование двойной изоляции;
- выравнивание потенциала;
- защитное заземление;
- защитное зануление;
- защитное отключение;
- применение специальных электрозащитных средств;
- организация безопасности установок.

Контроль электробезопасности осуществляется по ГОСТ 12.1.019-01 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».

Защита от прикосновения к токоведущим частям электрических установок достигается изоляцией, ограждением и расположением в недоступных местах. Проверка изоляции должна осуществляться раз в два месяца.

Напряжения прикосновения и тока, протекающие через тело человека при нормальном (ненаправленном) режиме электроустановки, не должны превышать значений указанных в таблице 26.

Таблица 26 – Напряжения прикосновения и тока

Род тока	U, В	I, мА
	не более	
Переменный, 50Гц	2,0	0,3

					лис т 77
Изм	Лист т	№ докум.	Подп.	Дата	

Переменный, 400Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Таблица 26 составлена в соответствии с ГОСТ 30331.3- 95 «Защита от поражения электрическим током».

Электроустановки соответствуют ПУЭ (правила устройства электроустановок).

Питающая разводка, проходящая к оборудованию, должна быть закрыта. Для индивидуальной защиты в цехе должны применяться: монтерские инструменты, резиновые перчатки, галоши, резиновые коврики, вспомогательные приспособления по ГОСТ 12.1.019-01.

4.3.4 Пожаровзрывобезопасность

Согласно федеральному закону № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22 июля 2008 года цех относится к категории В пожароопасных. Степень огнестойкости здания зависит от степени возгораемости и предела огнестойкости его строительных конструкций.

Категории пожарной опасности процесса цеха соответствует I степень огнестойкости здания с пределом R120 - несущие конструкции.

В здании обеспечена возможность быстрой, безопасной эвакуации людей в случае возникновения пожара. Так, для одноэтажного здания с I степенью огнестойкости соблюдается расстояние от рабочего места до эвакуационного места – 55 м.

Пожаровзрывобезопасность производственных помещений и технологического оборудования литейного цеха во многом определяется наличием горючих газов, паров, легко воспламеняющихся жидкостей, горючей пыли.

Показатели пожаровзрывоопасности веществ представлены в таблице 27.

										лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а						78

Нарушение технологического режима и неисправность электрооборудования приводит к пожарам, которые представляют опасность и причиняют большой ущерб. Поэтому в цехе предусмотрены меры профилактики и активной взрыво- и пожарной защиты ГОСТ 12.1.004-99 «Пожарная безопасность. Общие требования», ГОСТ 12.1.010-96 «Взрывобезопасность. Общие требования».

Таблица 27 – Показатели пожаровзрывоопасности применяемых веществ, смесей и технических продуктов

Вещества, смеси и технические продукты	Пожаровзрывоопасность	$t_{всп}, ^\circ\text{C}$	$t_{св}, ^\circ\text{C}$	НКПВ, %	ВКПВ, %
Метан	ГГ	181	537	5,28	14,1
Окись углерода	ГГ	235	605	12,5	74

В здании обеспечена возможность быстрой, безопасной эвакуации людей в случае возникновения пожара. Так, для одноэтажного здания с I степенью огнестойкости соблюдается расстояние от рабочего места до эвакуационного места – 55 м.

Для более раннего обнаружения начавшегося пожара и оповещения о нем, в цехе установлены электрическая пожарная сигнализация, а также используется телефонная сеть. В цехе установлены 8 пожарных щитов, 8 ящиков с песком, 5 пожарных кранов и 2 установки автоматического пожаротушения.

Для предотвращения пожара от коротких замыканий и перегрузки электропроводки устанавливаются плавкие предохранители, а на электродвигателях тепловые реле. В цехе предусмотрена связь со службой пожарной охраны завода и звуковая сигнализация.

Мерами предупреждения взрывов является контроль концентрации пыли и температуры поверхностей и деталей оборудования, соприкасающихся с пылью.

4.4 Охрана природной среды

						лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		79

Федеральный закон от 10 января 2002 г. N 7-ФЗ "Об охране окружающей среды". Настоящий Федеральный закон регулирует отношения в сфере взаимодействия общества и природы, возникающие при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, связанной с воздействием на природную среду как важнейшую составляющую окружающей среды, являющуюся основой жизни на Земле, в пределах территории Российской Федерации, а также на континентальном шельфе и в исключительной экономической зоне Российской Федерации.

Литейное производство, как и другие отрасли промышленности, является загрязнителем окружающей среды. В процессе производства образуются различные газообразные отходы и пыль, которые загрязняют атмосферу, кроме того, происходит загрязнение воды, а также образование твердых отходов, таких как шлака, отработанной смеси и др. Наиболее крупными источниками пыли и газовыделений в атмосферу в литейном цехе являются: индукционные тигельные печи; участки складирования и переработки шихты, формовочных материалов; участки выбивки и очистки литья. Снижение, а по возможности предотвращение попадания вредных веществ за пределы цеха, является основной задачей по охране природной среды.

4.4.1 Очистка выбросов в атмосферу

Для каждого проектируемого и действующего промышленного предприятия устанавливается предельно допустимый выброс вредных веществ в атмосферу при условии, что выбросы вредных веществ от данного источника в совокупности с другими источниками (с учетом перспективы их развития) не создают приземную концентрацию, превышающую ПДК.

На атмосферный воздух приходится более 70 % всех вредных воздействий литейного производства. При производстве 1 т отливок из стали выделяется около

						лис
						т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		80

40 кг пыли, 200 кг оксидов углерода, 1,5...2 кг оксидов серы и азота и до 0,5 кг других вредных веществ.

Основными способами защиты атмосферного воздуха является: вывод токсичных веществ из помещений общеобменной вентиляцией, локализация токсичных веществ в зоне их образования местной вентиляцией, очистка загрязненного воздуха в специальных аппаратах и его возврат в производственное или бытовое помещение, если воздух после очистки в аппарате соответствует нормативным требованиям к приточному воздуху, очистка технологических газовых выбросов в специальных аппаратах, выброс и рассеивание в атмосфере.

Газовоздушная смесь из вентиляционной системы засасывается в скруббер Вентури. Скрубберы Вентури являются наиболее распространенным представителем скоростных скрубберов мокрой очистки газов.

Принцип действия скрубберов Вентури основан на улавливании частиц пыли, абсорбции или охлаждении газов каплями орошающей жидкости, диспергируемой самим газовым потоком в трубе Вентури.

В зависимости от физико-химических свойств улавливаемых пылей, химического состава и температуры газа выбирают режим работы скруббера.

В общецеховую систему очистки поступает 95000 м³/ч.

Технические характеристики скруббера Вентури:

- высокая эффективность очистки до 96-98 %;
- скорость газа в горловине трубы 30 – 200 м/с;
- удельный расход орошающей жидкости 0,5 – 3,5 л/м³;
- производительность 50000 м³/ч.

В цехе установлено 2 скруббера Вентури.

Для очистки от газов в стержневом и формовочном отделении применяется каталитическая очистка, так как процесс изготовления форм и стержней

						лис
						т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		81

сопровождается выделением вредных газов. Эффективность очистки выбросов большинства веществ (углеводорода, фенола, формальдегида, оксида азота, оксида углерода и др.) составляет до 99,8%. На каталитическую очистку поступает 12000 м³/ч.

4.4.2 Очистка производственных сточных вод

Источниками загрязнения сточных вод являются производственные, бытовые и поверхностные стоки. Основными видами загрязнения сточных вод литейного цеха являются: мелкодисперсная пыль, песок, частицы шлака, зольные остатки от выгоревшей части формовочной смеси, окалина и др. Сточные воды поступают главным образом от мокрых пылеуловителей до 140000 л/ч. Как правило, сточные воды линейного производства одновременно загрязнены не одним, а рядом вредных веществ.

Очистка сточных вод литейного цеха производится механическим способом, для этого используют процеживание, отстаивание, обработку в поле действия центробежных сил и фильтрование.

Процеживание - первичная стадия обработки стоков; предназначено для выделения из сточных вод крупных нерастворимых примесей размером до 25 мм, а также более мелких волокнистых загрязнений, которые в процессе дальнейшей обработки стоков препятствуют нормальной работе очистного оборудования. Процеживание сточных вод осуществляется пропусканием их через решетки.

Решетки изготавливаются из металлических стержней с зазором между ними, равным 5...25 мм, и устанавливаются в коллекторах сточных вод вертикально.

Отстаивание предназначено для выделения из сточной воды нерастворимых и частично коллоидных механических загрязнений минерального и органического

						лис
						т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		82

происхождения. Массовые концентрации механических загрязнений сточных вод предприятия не превышают 5 кг/м³.

Для очистки сточных вод после установки регенерации применяется очистка озонированием.

Озонирование - широко используемый способ глубокой очистки воды от фенолов, а также от других химических примесей. Озон обладает большой окислительной способностью, оказывает сильное бактерицидное действие, устраняет неприятный запах и привкус и возвращает воде естественный цвет.

Технические характеристики установки озонирования воды «Ozone technologies» [18]:

- производительность системы фильтрации, 20 м³/ч;
- входное давление воды, 5 атм;
- рабочий газ атмосферный воздух.

4.4.3 Обезвреживание и утилизация отходов

Одним из рациональных способов защиты литосферы от производственных отходов является освоение технологий по сбору и переработки отходов.

Твердые отходы литейного цеха включают:

- отработанные формовочные и стержневые смеси, т/г 4900;
- просыпи, т/г 500;
- литейные шлаки, т/г 550;
- абразивную и галтовочную пыль, т/г 2300;
- огнеупорные материалы, т/г 600.

Данные отходы относятся к четвертому классу опасности. Согласно Федерального закона № 89-ФЗ от 24.06.98 г "Об отходах производства и потребления" отходы данного цеха имеют коды, указанные в таблице 28.

						лис
						т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		83

Наиболее радикальными мерами по снижению экологической опасности отходов литейного производства являются:

- широкое использование регенерации отработанных смесей с последующим возвратом песка в технологический процесс;
- утилизация твердых отходов, например путем их использования в дорожном строительстве, для засыпки отработанных карьеров, шахт;
- создание замкнутых циклов водоснабжения с предварительной очисткой и многократным использованием воды в технологическом процессе.

Таблица 28 – Перечень образующихся отходов

Отделение	Наименование
шихтовое	лом и отходы черных металлов
	отходы, содержащие сталь (в том числе стальную пыль)
плавильное	металлургические шлаки, съемы и пыль
	отходы кирпича (включая шамотный кирпич)
	бой шамотного кирпича
формовочное и стержневое	отходы песка (в металлургии)
термообрубное	абразивная пыль и порошок от шлифования черных металлов
	металлическая дробь с примесью шлаковой корки (дробеструйная обработка)
	пыль (или порошок) от шлифования черных металлов с содержанием металла 50% и более
	окалина
	отходы красок, лаков, клея

4.5 Гражданская оборона и чрезвычайные ситуации

Федеральный закон «О гражданской обороне» от 12 февраля 1998 года №

						лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		84

(в ред. Федеральных законов от 09.10.2002 N 123-ФЗ, от 19.06.2004 N 51-ФЗ, от 22.08.2004 N 122-ФЗ) определяет задачи, правовые основы их осуществления и полномочия органов государственной власти Российской Федерации, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций в области гражданской обороны (преамбула в ред. Федерального закона от 22.08.2004 N 122-ФЗ).

При различного рода чрезвычайных ситуациях, авариях, катастрофах, пожарах, техногенных катастрофах необходимо определить места эвакуации людей, меры и средства по их защите, а также места эвакуации документации и оборудования цеха.

При применении оружия массового поражения, в живых организмах нарушаются биологические процессы, что в последующем приводит к различного рода тяжелым заболеваниям. Разрушение промышленных объектов происходит от воздействия ударной волны, а под воздействием тепловых излучений возникают пожары.

Рассматривая завод, как объект гражданской обороны, следует определить, где в первую очередь в полном объёме должны приниматься меры по защите людей и оборудования от оружия массового поражения. При ядерном взрыве разрушение промышленных объектов происходит от воздействия ударной волны. Под воздействием гамма-излучения в живых организмах нарушаются биологические процессы, что приводит к тяжёлым заболеваниям. Под воздействием тепловых излучений происходят пожары промышленных объектов. Исходя из этого, проектом предусмотрена система мероприятий по пожаротушению цеха. По наружному периметру здания проложен водопровод с интервалом 30 метров, предусмотрены пожарные краны.

Основными способами защиты людей от поражающих факторов являются:

- рассредоточение и эвакуация;
- укрытие людей в убежищах;

						лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		85

- обеспечение людей индивидуальными средствами защиты;
- организация специальных служб.

В проектируемом цехе предусмотрено специальное убежище, рассчитанное на рабочих и служащих. Убежище располагается в подвальном помещении административно-бытового корпуса.

						лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		86

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном проекте разрабатывается литейный цех производительностью 30000 тонн литья в год. Проектируемый цех обеспечивает производство литыми заготовками в соответствии с запросами предприятий вагоностроения.

Разработаны технология изготовления отливки «Колесо рабочее» из стали 25Л ГОСТ 977-88» на основе базовой технологии, а также мероприятия по охране труда и экологической безопасности проекта. Проведены расчеты, позволяющие определить, насколько эффективен данный проект, а также, рассчитаны сроки окупаемости проекта.

Данный проект отвечает всем нормам по охране труда и экологической безопасности.

						лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а		87

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Логинов И.З. Проектирование литейных цехов. Минск: Высшая школа, 1975.-362с.

2.. Аксенов П.Н. Технология литейного производства. -М.: Машгиз, 1957.-418с.

3. Официальный сайт фирмы Asian Industrial Technology. – www.asian.com

4. Технологические процессы и оборудование для модернизации литейного производства в машиностроении. Сборник руководящих технических материалов по современным эффективным технологическим процессам формообразования точных отливок для деталей в машиностроении. – ИЦТМ «Металлург». Москва, 2002. – 281 с.

5. Официальный русскоязычный сайт фирмы IMF. – www.imf-moscow.ru

6. Официальный сайт «Российской ассоциации литейщиков». – www.ruscastings.ru

7. Официальный сайт фирмы Gostol. – www.gostol.ru

8. Официальный сайт фирмы ТермоМастер. – www.termomaster.ru

9. Проектирование машиностроительных заводов и цехов: Справочник в 6-и т. Т.2/ Под ред. Е.С. Ямпольского. М.: Машиностроение, 1974. – 294 с.

10. Теория литейных процессов: учебное пособие / Л.Г. Знаменский [и др.] – Челябинск: ЮУрГУ, 1999-163 с.

11. Технология литейного производства. Формовочные и стержневые смеси // Под ред. С.С. Жуковского, А.Н. Болдина, А.И. Яковлева, А.Н. Поддубного, В.Л. Крохоткина. Учебное пособие для вузов, - Брянск изд. БГТУ, 2002,-470 с.

12. Большая энциклопедия нефти и газа. – www.ngpedia.ru

13. Информационный ресурс по литейному производству «Союз-литье». – www.lityo.com

14. Официальный сайт фирмы «FOSECO». – <http://www.foseco.com/ru/end-markets/foundry/produkcija-i-uslugi/staleliteinoe-proizvodstvo/>

										лис т
Изм	Лис т	№ докум.	Подп.	Дат а						88

15. Статья сайта «Уралресурсы». - <http://ural-res.ru/posts/49-article-1>

16. Боброва, А.В. Экономическое обоснование дипломных проектов: Учебное пособие для студентов специальности «Литейное производство» / А.В. Боброва. – Челябинск: ЧГТУ, 1994. – 32 с.

17. Белов, С.В. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов / С.В. Белов [и др.], под общ. ред. С.В. Белова. 2-е изд., испр. и доп. – М.: Высш. шк., 1999. – 448 с.

18. Злобинский Б. М. Охрана труда в металлургии. – М.: Металлургия, 1975. – 536 с.

					лист т
Изм	Лист т	№ докум.	Подп.	Дата	